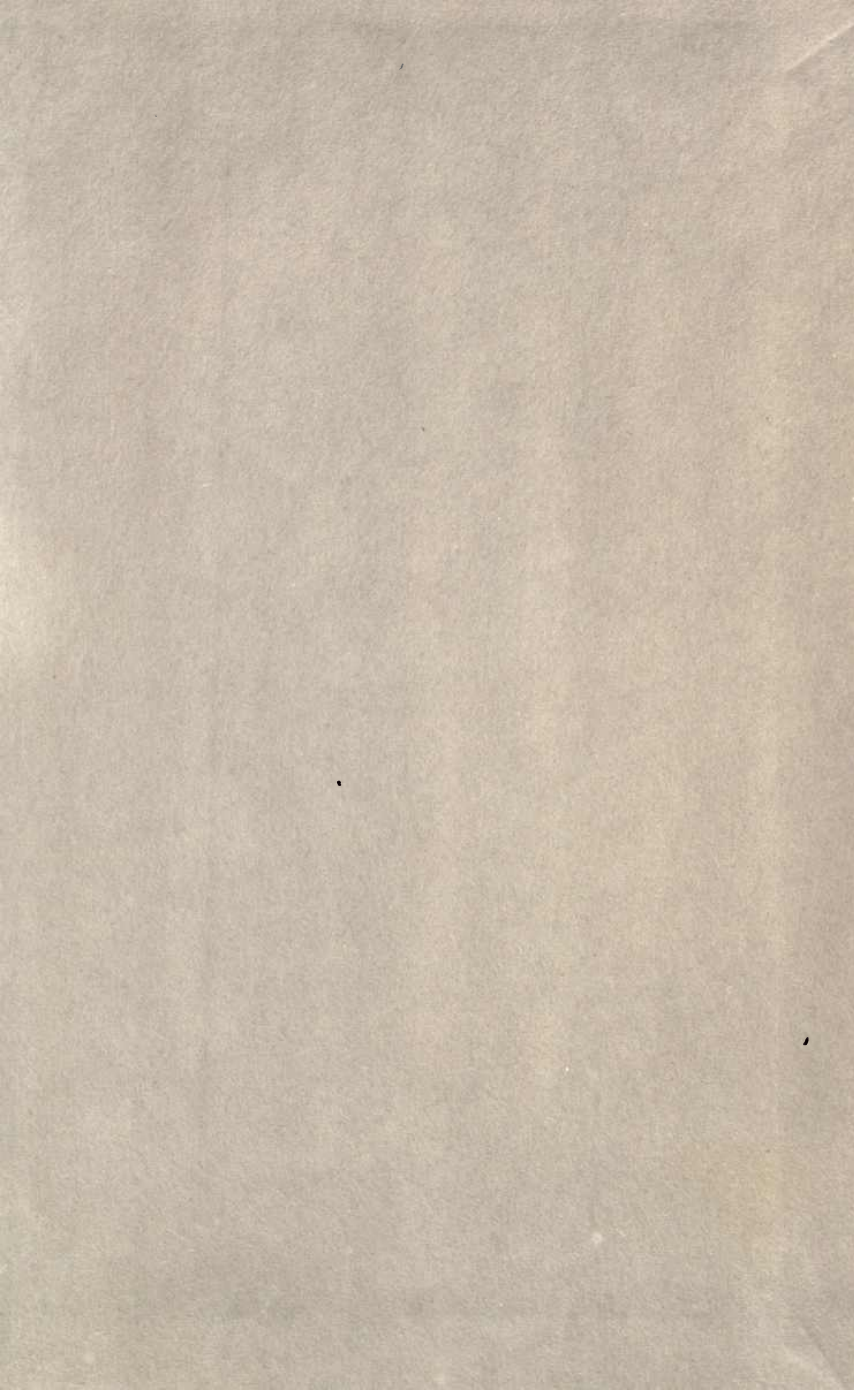






THE LIBRARY  
OF  
THE UNIVERSITY  
OF CALIFORNIA  
LOS ANGELES















II 695

# HISTOLOGIE

und

## mikroskopische Anatomie

von

Prof. Dr. L. Szymonowicz

---

Vierte verbesserte Auflage

---





LEHRBUCH  
der  
HISTOLOGIE  
und der  
mikroskopischen Anatomie

mit besonderer Berücksichtigung  
des menschlichen Körpers  
einschließlich der mikroskopischen Technik

von

Dr. Ladislaus Szymonowicz

o. ö. Professor der Histologie und Embryologie an der Universität Lemberg

Vierte verbesserte Auflage

Mit 394 Abbildungen im Text und auf 83 meist farbigen Tafeln



---

LEIPZIG · 1921 · VERLAG VON CURT KABITZSCH

Q1551

597

1921

cap. 2

BIOLOGY  
LIBRARY  
G

Replacem  
1899

Alle Rechte vorbehalten,  
italienische, polnische und englische Übersetzung erschienen:

1. Aufl. 1901
2. Aufl. 1909
3. Aufl. 1915
4. Aufl. 1921



QM  
551  
S 932  
1921

## Vorwort zur vierten Auflage.

---

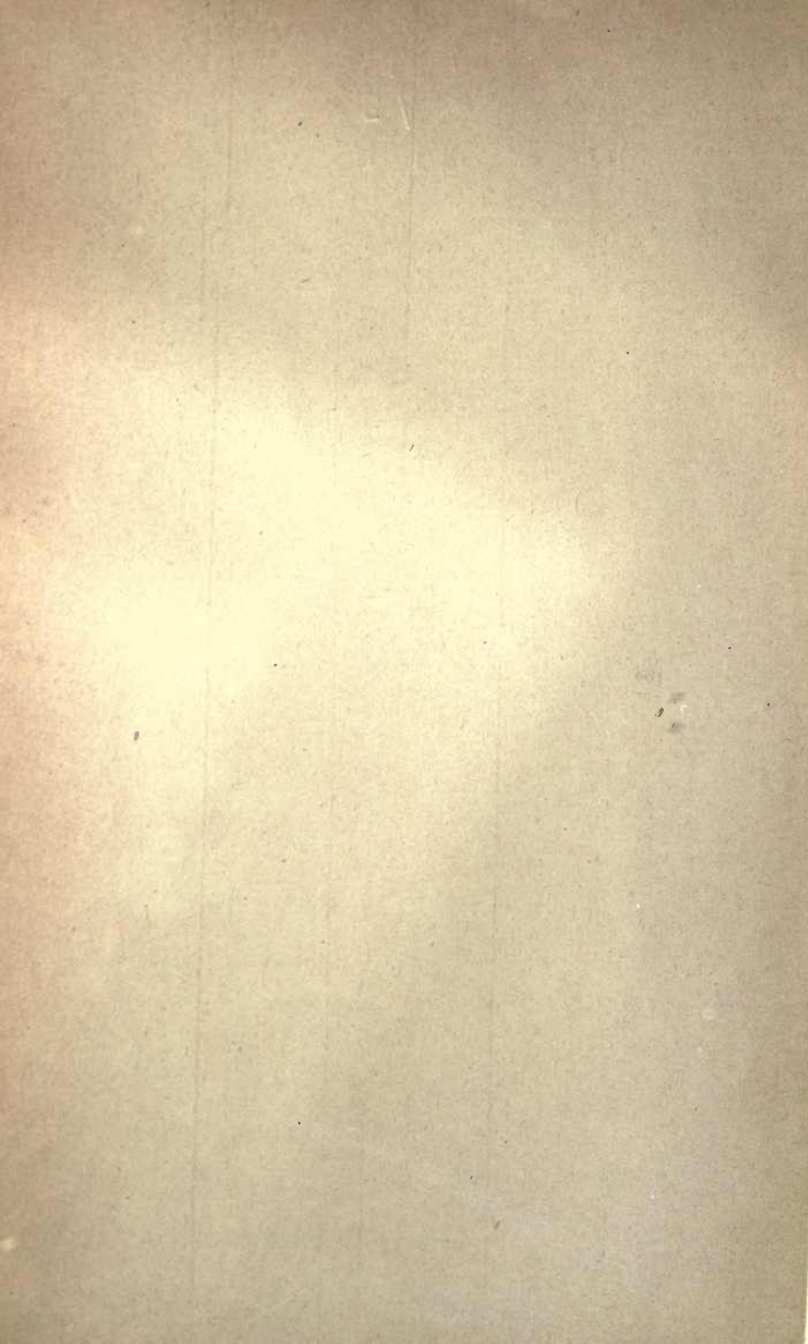
Die dritte Auflage des vorliegenden Lehrbuches war trotz dem Weltkriege verhältnismäßig früher erschöpft als die beiden vorhergehenden und ist seit Jahresfrist im Buchhandel nicht mehr vorrätig.

Die Bearbeitung der vierten Auflage stieß auf mannigfache Schwierigkeiten, und es konnte insbesondere die einschlägige Literatur der Kriegsjahre nicht die erwünschte allseitige Berücksichtigung erfahren.

Die vorliegende vierte Auflage bringt nur unwesentliche Veränderungen im Text; die Zahl der Abbildungen wurde um sechzehn neue vermehrt; der Besprechung der derzeit am lebhaftesten erörterten Fragen wurde eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Lemberg, im Juni 1921.

Szymonowicz.



# Inhalts-Verzeichnis.

|                      | Seite |
|----------------------|-------|
| Einleitung . . . . . | XIII  |

## Erster Teil.

### Der Bau der tierischen Zelle . . . . . 1

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Indirekte Teilung (Mitose) . . . . . | 28 |
| Direkte Teilung (Amitose) . . . . .  | 33 |

## Zweiter Teil.

### Der Bau der tierischen Gewebe . . . . . 37

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| I. Das Epithelgewebe . . . . .     | 38 |
| Drüsen und Drüsenepithel . . . . . | 49 |

|   |    |
|---|----|
| II. Gewebe der Binde-substanzen . . . . . | 56 |
| 1. Das Bindegewebe . . . . .              | 58 |
| a) Das Gallertgewebe . . . . .            | 58 |
| b) Das retikuläre Gewebe . . . . .        | 59 |
| c) Das fibrilläre Bindegewebe . . . . .   | 60 |
| 2. Das Knorpelgewebe . . . . .            | 76 |
| 1. Der hyaline Knorpel . . . . .          | 77 |
| 2. Der Faserknorpel . . . . .             | 82 |
| 3. Der elastische Knorpel . . . . .       | 83 |
| 3. Das Knochengewebe . . . . .            | 84 |

|   |     |
|---|-----|
| III. Das Muskelgewebe . . . . .                           | 93  |
| 1. Das glatte Muskelgewebe . . . . .                      | 93  |
| 2. Das quergestreifte Muskelgewebe . . . . .              | 96  |
| a) Das quergestreifte Muskelgewebe des Herzens . . . . .  | 97  |
| b) Das quergestreifte Muskelgewebe des Skeletts . . . . . | 101 |



|   | Seite |
|---|-------|
| <b>IV. Das Nervengewebe</b> . . . . .       | 113   |
| 1. Die Nervenzelle . . . . .                | 116   |
| 1. Der Kern der Nervenzelle . . . . .       | 116   |
| 2. Der Körper der Nervenzelle . . . . .     | 116   |
| 3a. Die Dendriten der Nervenzelle . . . . . | 126   |
| 3b. Der Neurit der Nervenzelle . . . . .    | 127   |
| II. Die Nervenfasern . . . . .              | 129   |

### Anhang.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. Das Blut . . . . .   | 138 |
| 2. Die Lymphe . . . . . | 148 |

## Dritter Teil.

|   |     |
|---|-----|
| <b>Mikroskopische Anatomie der Organe</b> . . . . . | 149 |
| <b>I. Das Kreislaufsystem</b> . . . . .             | 150 |
| 1. Das Blutgefäßsystem . . . . .                    | 150 |
| Die Kapillaren . . . . .                            | 151 |
| Die Arterien . . . . .                              | 153 |
| Die Venen . . . . .                                 | 158 |
| Das Herz . . . . .                                  | 161 |
| Die Milz . . . . .                                  | 165 |
| Glomus caroticum . . . . .                          | 171 |
| Glomus coccygeum . . . . .                          | 171 |
| 2. Das Lymphgefäßsystem . . . . .                   | 172 |
| Die Lymphgefäße . . . . .                           | 172 |
| Die Lymphdrüsen . . . . .                           | 173 |
| Anhang: Blutlymphdrüsen . . . . .                   | 178 |
| Die Thymus . . . . .                                | 179 |
| 3. Drüsen mit innerer Sekretion . . . . .           | 182 |
| 1. Die Schilddrüse . . . . .                        | 183 |
| 2. Die Nebenschilddrüsen . . . . .                  | 185 |
| 3. Die Nebenniere . . . . .                         | 187 |
| 4. Die Hypophyse . . . . .                          | 192 |
| 5. Die Epiphyse . . . . .                           | 195 |
| <b>II. Das Verdauungssystem</b> . . . . .           | 197 |
| 1. Die Mundhöhle . . . . .                          | 198 |
| a) Die Schleimhaut der Mundhöhle . . . . .          | 198 |
| b) Die Zähne . . . . .                              | 199 |
| c) Die Zunge . . . . .                              | 209 |
| d) Die Speicheldrüsen . . . . .                     | 214 |
| 2. Die Schlundhöhle . . . . .                       | 222 |
| 3. Die Speiseröhre . . . . .                        | 223 |
| 4. Der Magen . . . . .                              | 226 |

|   | Seite      |
|---|------------|
| 5. Der Darm . . . . .   | 232        |
| 6. Die Leber . . . . .  | 243        |
| 7. Das Pankreas . . . . .   | 253        |
| 8. Das Bauchfell . . . . .  | 257        |
| <b>III. Das Atmungssystem . . . . .</b>                           | <b>258</b> |
| 1. Der Kehlkopf . . . . .   | 259        |
| 2. Die Trachea . . . . .  | 262        |
| 3. Die Bronchien . . . . .  | 263        |
| 4. Die Lungen . . . . .   | 263        |
| Die Pleura . . . . .  | 267        |
| <b>IV. Das Harnsystem . . . . .</b>                               | <b>268</b> |
| 1. Die Nieren . . . . .   | 268        |
| 2. Die ableitenden Harnwege . . . . .                             | 278        |
| a) Nierenkelche, Nierenbecken, Harnleiter und Harnblase . . . . . | 278        |
| b) Die Harnröhre . . . . .  | 281        |
| Die Harnröhre des Mannes . . . . .                                | 281        |
| Die Harnröhre des Weibes . . . . .                                | 283        |
| <b>V. Das Fortpflanzungssystem . . . . .</b>                      | <b>284</b> |
| 1. Die männlichen Geschlechtsorgane . . . . .                     | 284        |
| a) Der Hode . . . . .   | 284        |
| Der Samen . . . . .   | 290        |
| Die Spermiogenese . . . . .                                       | 292        |
| b) Die ableitenden Samenwege . . . . .                            | 295        |
| c) Die Rute . . . . .   | 300        |
| d) Die Anhangsdrüsen der männlichen Geschlechtsorgane . . . . .   | 305        |
| α) Die Prostata . . . . .   | 305        |
| β) Die Cowperschen Drüsen . . . . .                               | 306        |
| 2. Die weiblichen Geschlechtsorgane . . . . .                     | 307        |
| a) Der Eierstock . . . . .  | 307        |
| b) Der Eileiter . . . . .   | 322        |
| c) Die Gebärmutter . . . . .                                      | 324        |
| d) Die Scheide . . . . .  | 337        |
| e) Der Kitzler . . . . .  | 338        |
| f) und g) Die großen und die kleinen Schamlippen . . . . .        | 339        |
| h) Der Scheidenvorhof . . . . .                                   | 339        |
| Anhang: Befruchtungsprozeß . . . . .                              | 339        |
| <b>VI. Das Bewegungssystem . . . . .</b>                          | <b>348</b> |
| 1. Das Skelett . . . . .  | 348        |
| A. Die Knochen . . . . .  | 348        |
| Verbindungen der Knochen . . . . .                                | 351        |
| Entwicklung der Knochen . . . . .                                 | 353        |
| a) Entwicklung der knorpelig präformierten Knochen . . . . .      | 353        |
| b) Entwicklung der Bindegewebsknochen . . . . .                   | 358        |
| B. Die Knorpel . . . . .  | 359        |
| 2. Die Muskeln . . . . .  | 359        |

|   | Seite      |
|---|------------|
| <b>VII. Das Nervensystem</b>                        | <b>363</b> |
| 1. Zentrales Nervensystem                           | 365        |
| A. Rückenmark                                       | 365        |
| Die graue Substanz                                  | 367        |
| Die weiße Substanz                                  | 376        |
| Die Neuroglia des Rückenmarks                       | 380        |
| B. Das Kleinhirn                                    | 384        |
| C. Die Großhirnrinde                                | 387        |
| Die Hüllen des Zentralnervensystems                 | 389        |
| Die Blutgefäße des Zentralnervensystems             | 391        |
| 2. Das periphere Nervensystem                       | 393        |
| Die peripheren Ganglien                             | 394        |
| a) Die Zerebrospinalganglien                        | 394        |
| b) Die sympathischen Ganglien                       | 397        |
| Die peripheren Nerven                               | 398        |
| 3. Nervenendigungen                                 | 400        |
| I. Intraepitheliale Nervenendigungen                | 402        |
| II. Nervenendigungen im Bindegewebe                 | 405        |
| III. Nervenendigungen im Muskelgewebe               | 410        |
| IV. Nervenendigungen innerhalb des Nervengewebes    | 413        |
| Allgemeine Betrachtungen über das gegenseitige Ver- |            |
| hältnis der Neuronen im Zentralnervensystem         | 414        |
| <b>VIII. Die Sinnesorgane</b>                       | <b>415</b> |
| 1. Die Haut — das Tastorgan                         | 416        |
| Die Haare   | 421        |
| Die Nägel   | 427        |
| Die Drüsen der Haut                                 | 430        |
| Die Talgdrüsen                                      | 430        |
| Die Schweißdrüsen                                   | 431        |
| Gefäße und Nerven der Haut                          | 433        |
| Die Milchdrüse                                      | 434        |
| 2. Das Sehorgan                                     | 438        |
| Der Augapfel  | 439        |
| Die Tunica externa                                  | 440        |
| Die Sklera  | 440        |
| Die Kornea  | 442        |
| Die Tunica media                                    | 448        |
| Die Chorioidea                                      | 448        |
| Das Corpus ciliare                                  | 449        |
| Die Iris  | 451        |
| Die innere Augenhaut                                | 453        |
| Die Pars optica retinae                             | 454        |
| Die Fovea centralis                                 | 462        |
| Die Pars ciliaris retinae                           | 463        |
| Die Pars iridica retinae                            | 463        |
| Der N. opticus und die Papilla n. optici            | 464        |



|  | Seite |
|--|-------|
| Die Linse . . . . .  | 464   |
| Der Glaskörper . . . . .   | 468   |
| Die Zonula ciliaris . . . . .                                    | 469   |
| Die Blutgefäße des Augapfels . . . . .                           | 470   |
| Die Lymphbahnen des Bulbus . . . . .                             | 472   |
| Die Hilfsorgane des Auges . . . . .                              | 473   |
| Die Augenmuskeln . . . . .                                       | 473   |
| Der Tränenapparat . . . . .                                      | 473   |
| Die Augenlider . . . . .   | 475   |
| 3. Das Gehörorgan . . . . .                                      | 478   |
| Sakkulus, Utrikulus und Bogengänge . . . . .                     | 479   |
| Die häutige Schnecke . . . . .                                   | 482   |
| Die Blutgefäße und Lymphbahnen des häutigen Labyrinths . . . . . | 490   |
| Das Mittelohr . . . . .  | 492   |
| Das Trommelfell . . . . .  | 493   |
| Das äußere Ohr . . . . .   | 495   |
| 4. Das Geruchsorgan . . . . .                                    | 496   |
| 5. Das Geschmacksorgan . . . . .                                 | 500   |

### Allgemeine mikroskopische Technik.

|  |     |
|--|-----|
| Das Mikroskop . . . . .                            | 503 |
| Das Herstellen mikroskopischer Präparate . . . . . | 508 |
| Isolationsmittel . . . . .                         | 509 |
| Schnittmethode . . . . .                           | 510 |
| Fixation . . . . .                                 | 510 |
| Die Vorbehandlung zum Mikrotomieren . . . . .      | 512 |
| Die Entwässerung . . . . .                         | 513 |
| Die Intermedien . . . . .                          | 513 |
| Die Paraffineinbettung . . . . .                   | 514 |
| Die Zelloidineinbettung . . . . .                  | 515 |
| Das Mikrotom . . . . .                             | 516 |
| Das Aufkleben der Schnitte . . . . .               | 517 |
| Die Färbung . . . . .                              | 518 |
| Die Injektion . . . . .                            | 524 |
| Entkalken . . . . .                                | 525 |

### Spezielle mikroskopische Technik.

|  |     |
|--|-----|
| Untersuchung der Zelle . . . . .                       | 526 |
| Untersuchung des Epithelgewebes . . . . .              | 529 |
| Untersuchung der Stützsubstanzen . . . . .             | 530 |
| Untersuchung des Muskelgewebes . . . . .               | 532 |
| Untersuchung des Nervengewebes . . . . .               | 532 |
| Untersuchung des Blutes . . . . .                      | 533 |
| Untersuchung der Organe des Kreislaufsystems . . . . . | 535 |
| Untersuchung der Verdauungsorgane . . . . .            | 536 |
| Untersuchung der Respirationsorgane . . . . .          | 538 |
| Untersuchung der Harnorgane . . . . .                  | 538 |

|  |            |
|--|------------|
|  | Seite      |
| Untersuchung der Fortpflanzungsorgane . . . . .      | 538        |
| Untersuchung der Bewegungsorgane . . . . .           | 539        |
| Untersuchung des Nervensystems . . . . .             | 540        |
| Untersuchung der Haut . . . . .                      | 543        |
| Untersuchungsmethoden für das Auge . . . . .         | 544        |
| Untersuchung des Gehörorgans . . . . .               | 546        |
| Untersuchungsmethoden für die Nase . . . . .         | 546        |
| Untersuchungsmethoden der Geschmacksorgane . . . . . | 546        |
| <b>Autorenregister</b> . . . . .                     | <b>547</b> |
| <b>Sachregister</b> . . . . .                        | <b>552</b> |

### Berichtigung.

Auf S. 551, 3. Spalte, Zeile 17 v. o. muß es heißen:

Wiczyński statt Wierzyński.

Zeile 18 v. o.:

Wierzejski statt Wierrejski.

Ferner S. 553, 1. Spalte, Zeile 17 v. u.:

Bipolare statt Biopolare.

Desgleichen 2. Spalte, Zeile 10 v. u.:

Hypophyse statt Hypophyse.

## Einleitung.

---

Unter Histologie versteht man die Lehre von den Geweben, welche den tierischen und pflanzlichen Körper aufbauen ( $\delta \iota \sigma \tau \acute{o} \varsigma$ ,  $\tau \acute{o} \iota \sigma \tau \acute{\iota} \omicron \nu$  = Gewebe). Jedes Gewebe aber entsteht aus Zellen im Laufe der Entwicklung und besteht im fertigen Zustande aus Zellen und Zellprodukten. Es muß deshalb die Lehre von der Zelle, die Zytologie, den Ausgangspunkt und eines der wichtigsten Kapitel einer jeden Darstellung der Histologie bilden. Die Zellen schließen sich zusammen zu Geweben. Es wird deshalb der zweite Hauptabschnitt die Lehre von den Geweben, die Histologie im engeren Sinne, umfassen. Dadurch, daß schließlich verschiedene Gewebe in einer für jeden Fall charakteristischen Weise sich miteinander verbinden, formieren sie Organe. Es wird so im dritten und letzten Teil zu untersuchen sein, welche Gewebe die einzelnen Organe des Körpers zusammensetzen und in welcher Weise sie miteinander verbunden sind. Diesen letzten Teil der Histologie bezeichnet man auch als mikroskopische Anatomie.

Unser Lehrbuch soll sich ausschließlich mit der Histologie des Tierkörpers befassen und hier wieder in erster Linie den Körper des Menschen berücksichtigen. Es wird dem oben Ausgeführten entsprechend in drei Teile zerfallen: Der erste soll handeln vom Bau und den Eigenschaften der tierischen Zelle, der zweite wird sich mit den tierischen Geweben befassen und der dritte und letzte soll uns mit dem mikroskopischen Bau der verschiedenen Organe bekannt machen.

---





## Erster Teil.

# Der Bau der tierischen Zelle.

Die Zelle, als Bestandteil des pflanzlichen und tierischen Körpers, mit seltenen Ausnahmen ein Element von äußerst geringen Dimensionen, das erst unter dem Mikroskop sichtbar wird, ist kurz nach der Erfindung des letzteren entdeckt worden, und zwar die Pflanzenzelle bedeutend früher als die tierische Zelle.

Die erste Beobachtung der Pflanzenzelle fällt nämlich in den Anfang der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts. Der englische Physiker Robert Hooke (1635—1673) gibt in seinem umfangreichen Werke „Micrographia“ bei der Besprechung dessen, was er unter dem von ihm selbst konstruierten Mikroskope gesehen hatte an, daß dünne Korkplättchen aus winzigen, regelmäßigen Hohlräumen bestehen, welche er Zellen nennt.

Neben Hooke müssen vor allem die Namen zweier Botaniker des 17. Jahrhunderts hervorgehoben werden: Malpighis und Grews, die als eigentliche Begründer der Lehre von den zelligen Elementarteilen der Pflanze gelten dürfen.

Zu einem weiteren Fortschritt der Zellenlehre kam es erst im 19. Jahrhundert, in dem Forscher, wie Treviranus, Moldenhawer, Mohl, Meyen, Schleiden eine Menge von Tatsachen über die zelluläre Struktur der Pflanzen zusammentrugen. Man stellte fest, daß im Gegensatz zu Pflanzen, welche aus sehr vielen Zellen bestehen, auch einzellige Pflanzen, wie Algen und Pilze existieren; die Zelle betrachtete man als einen von einer Membran umschlossenen Raum, welcher bei jungen Zellen mit einer durchsichtigen Flüssigkeit ausgefüllt ist. Im Jahre 1831 entdeckt Brown den Zellkern (Nukleus), im Jahre 1832 Dumortier die Zellteilung. Im Jahre 1838 stellt Schleiden eine Theorie der Zellengese auf, die allerdings mit unseren heutigen Anschauungen nicht übereinstimmt: die neuen Zellen sollten sich in den älteren in der Weise entwickeln, daß innerhalb der formlosen Substanz (Zytoblastem) zunächst Körnchen (die heutigen

Nukleoli) auftreten, um welche herum sich die Kerne bilden und wachsen. Von der Oberfläche der letzteren heben sich junge Zellen in Form von wasserhellen Blasen ab.

Die Entdeckung der tierischen Zelle fällt dagegen erst in eine sehr späte Zeit, denn abgesehen von vereinzelten Beobachtungen von Tierzellen durch Valentin und Purkinje, ist Dutrochet (1824) als erster zu der Überzeugung gekommen, daß, ähnlich wie bei Pflanzen, auch die Zelle der Elementarbestandteil des Tierkörpers sei.

Im Jahre 1839 erschien Schwanns berühmtes Werk „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen“, in welchem er die Zellentheorie auch für die Tierwelt begründete. Er machte sich Schleidens Theorie der Zellenbildung zu eigen und übernahm von ihm auch die richtige Anschauung, daß der Kern eine wichtige Rolle bei der Entstehung der Zelle spiele. Er wird überhaupt von jetzt ab zu einem integrierenden Bestandteil der Zelle, während man vorher die Zelle hauptsächlich als leeres oder doch nur in der Jugend mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen definierte.

Der ursprüngliche Begriff der Zelle erfuhr im Laufe der nachfolgenden Jahrzehnte eine weitere Modifikation. Nachdem man immer zahlreichere Arten von membranlosen Zellen beobachtet hatte, fing man an, die Zellenmembran als einen unwesentlichen, den Inhalt der Zellen dagegen — Protoplasma genannt — als den wesentlichen Teil derselben zu betrachten (Purkinje, Kölliker, Remak). Gleichzeitig wird die Schleiden-Schwannsche Lehre von der Zytogenese widerlegt und die Lehre von der Fortpflanzung der Zelle durch Teilung nach vorausgegangener Teilung der Kerne verschafft sich immer mehr allgemeine Geltung und kondensiert sich in der Virchowschen Formel: *Omnis cellula e cellula*.

Die Forschungen von Max Schultze (zwischen 1854 und 1866) bestimmten genauer die Eigenschaften des Protoplasmas der Tierzelle und definierten die Zelle als „ein Klümpchen Protoplasma, in welchem ein Kern liegt“.

Die Zelle — *Cellula* — ist die Elementareinheit des tierischen Körpers, sie ist Trägerin aller Lebensfunktionen und kann deshalb auch als Lebensinheit bezeichnet werden. Die Zellen können entweder einzeln leben als einzellige Lebewesen (Protozoa), oder sie können sich zu höheren, aus vielen Zellen zusammengesetzten Organismen (Metazoa) verbinden. Bei den Protozoen verrichtet die einzige, den ganzen Körper des Tieres ausmachende Zelle sämtliche Lebensfunktionen, bei den Metazoen dagegen übernehmen bestimmte Gruppen von Zellen bestimmte Funktionen. Hand in Hand mit dieser Arbeitsteilung geht eine Differenzierung der Zellen, so daß die Zellen der einen Gruppe sich auch in ihrem Bau von den anderen unterscheiden.



Diese durch die Arbeitsteilung erlangte Differenzierung geht so weit, daß im ausgebildeten Zustand die Zellen einer Art die Funktionen der Zellen anderer Art nicht mehr zu übernehmen vermögen.

So dient z. B. die eine Art von Zellen zur Bedeckung der Körperoberfläche andere erlangen einen hohen Grad von Festigkeit und bilden eine Stütze des ganzen Körpers oder einzelner seiner Teile, noch andere bilden zahlreiche Ausläufer, mit deren Hilfe Reize, die die Körperoberfläche treffen, nach dem Inneren geleitet werden, während schließlich noch andere die Aufgabe übernehmen, die von außen zutretende Nahrung aufzunehmen und zu verarbeiten, zu resorbieren. So sehen wir bei den Metazoen die verschiedensten Funktionen an verschieden gebaute Zellen geknüpft, während bei den Protozoen die verschiedenen Funktionen von einer einzigen Zelle verrichtet werden.

Trotzdem wir demnach im tierischen Körper Zellen von sehr verschiedenem Bau und mannigfaltigster Bestimmung finden, so enthält doch jede Zelle gewisse Bestandteile, die in keinem Falle zu fehlen scheinen und allen Zellen gemeinsam sind.

Als solche wesentliche Bestandteile der Zelle müssen wir betrachten:

- a) den protoplasmatischen Zellkörper,
- b) den Zellkern,
- c) das Zentralkörperchen,
- d) den inneren Netzapparat.

Der protoplasmatische Zellkörper kann manchmal stark reduziert erscheinen, muß aber immer vorhanden sein. Freie Kerne ohne Zellkörper bestehen nicht. Ein Zellkern findet sich ebenfalls in allen Zellen. Ausnahmsweise kann er in gewissen Perioden des Zellenlebens fehlen, doch auch in diesen Zellen ist er in früheren Stadien der Entwicklung vorhanden gewesen. Das oder die Zentralkörperchen und der innere Netzapparat sind durch die Forschungen der letzten Jahre als konstante Bestandteile fast aller Zellen nachgewiesen worden.

Die Form des Zellkörpers und gleichzeitig der ganzen Zelle unterliegt großen Schwankungen. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß sich die Zelle in ihrer Form dem ihr zugewiesenen Raum anpaßt und daß ihre Grundform die der Kugel ist. Je nach ihrer Differenzierung und Funktion aber kann die Zelle zylindrisch, kegelförmig, mehrseitig, platt, verästelt, spindelförmig und faserartig sein (Fig. 1).

Ebenfalls bedeutenden Schwankungen unterliegt die Größe der Zellen: von  $3 \mu^1$ ) an aufwärts bis zur Größe eines Straußeneies, welches ja nur eine einzige Zelle darstellt. Bei den höheren Tieren und beim Menschen beträgt der Zellendurchmesser meistens zwischen 10 und

<sup>1)</sup>  $\mu$  = 1 Mikron = 0,001 mm.

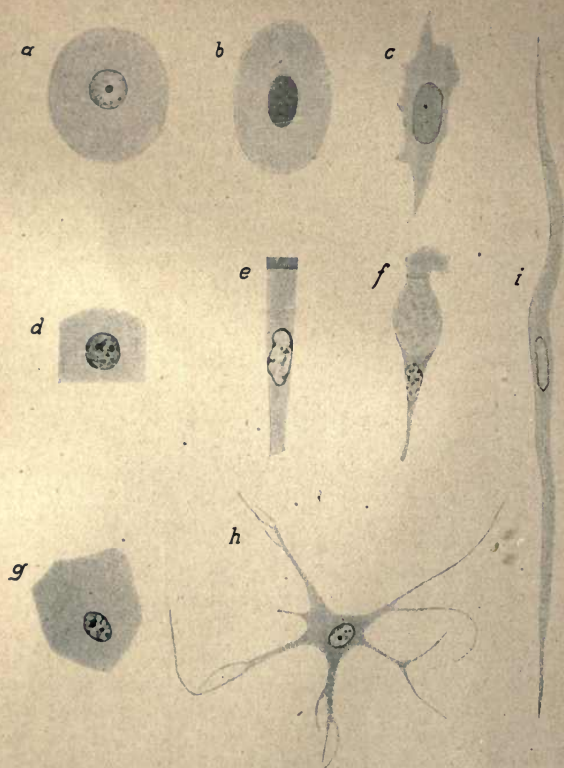


Fig. 1.

Zellen von verschiedener Gestalt.

- a* Elzelle des Menschen.
- b* Farbige Blutzelle des Frosches.
- c* Bindegewebszelle der Ratte.
- d* Epithelzelle aus dem Sammelrohr der Niere vom Menschen.
- e* Zylinderzelle vom Darm des Menschen.
- f* Becherzelle (Schleinzelle) vom Darm des Menschen.
- g* Leberzelle vom Menschen.
- h* Nervenzelle vom Rückenmark des Kalbes.
- i* Glatte Muskelzelle vom Frosch.

Die Zellen wurden bei verschiedener Vergrößerung gezeichnet.

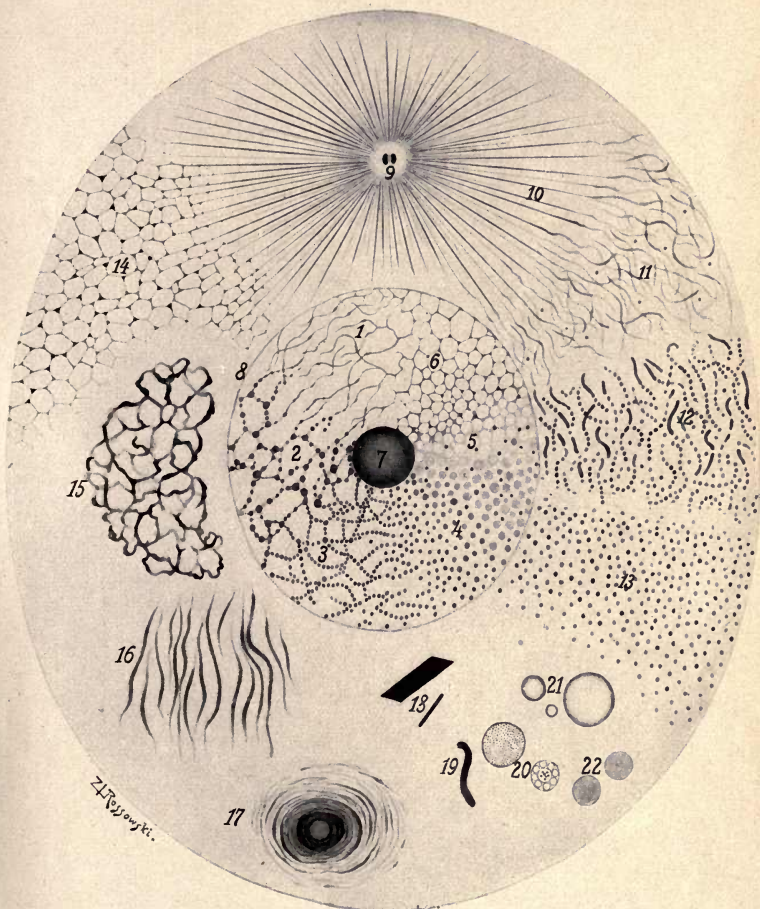
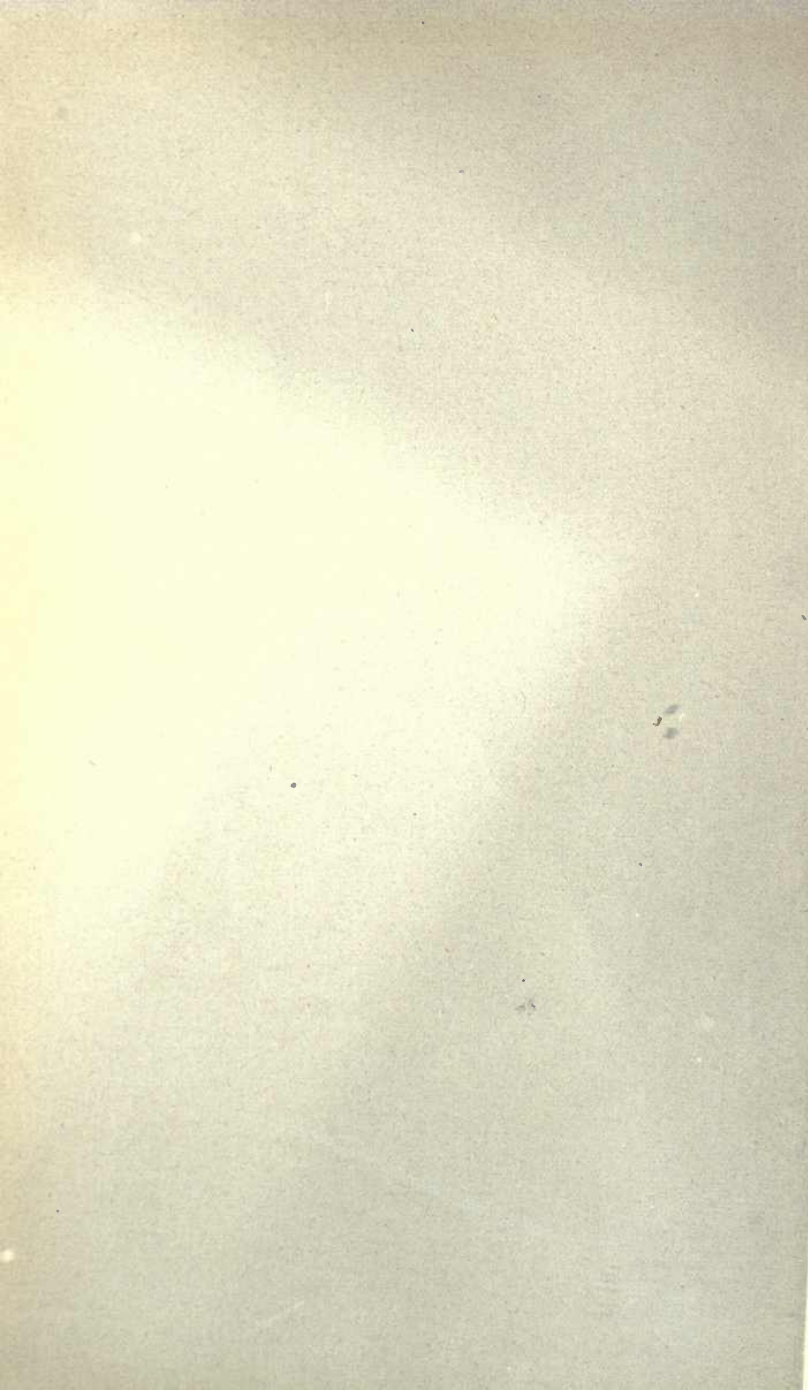


Fig. 2.  
Schema der Zelle.

Die einzelnen Segmente der Figur veranschaulichen die verschiedenen Theorien über den Bau des Protoplasma und des Kernes und illustrieren gleichzeitig den Polymorphismus beider. Dargestellt sind sowohl die verschiedenen Bestandteile der Zelle als auch die protoplasmatischen Differenzierungsprodukte und die deutoplasmatischen Einschlüsse.

1.—8. Kern. 1. Faseriger Bau. 2. Netzstruktur. 3, 4. Körniger Bau. 5, 6. Alveolärer Bau des Kernes. 7. Kernkörperchen. 8. Kernmembran. 9. Zentralkörperchen (Diplosom) verbunden durch Zentrodsmose. 10. Archoplasmastrahlen. 11. Mitom. 12. n. 13. Mitochondrien (Altman'sche Granula). 14. Der wabige Bau des Protoplasmas. 15. Der innere Golgische Netzapparat. 16. Basalfilamente. 17. Nebenkern. 18—22. Deutoplasmatische Einschlüsse. 18. Kristalloide. 19. Lipide. 20. Dotterkügelchen. 21. Fettkügelchen. 22. Sekrettröpfchen.





30  $\mu$  und nur wenige Arten von Zellen erreichen hier einen Durchmesser von über 100  $\mu$ , wie z. B. die Nerven- und die Eizellen.

Der Zellkörper besteht im wesentlichen aus dem Protoplasma. Protoplasma ist wesentlich ein biologischer Begriff, worunter die lebende Substanz überhaupt von gewisser chemisch-physikalischer Beschaffenheit zu verstehen wäre. Es ist also keine chemisch scharf definierbare Verbindung, keine gleichartige Substanz mit konstanten physikalisch-chemischen Eigenschaften, sondern ein Gemisch verschiedener chemisch miteinander kombinierter Körper.

Das lebende Protoplasma zeigt im allgemeinen einen flüssigen, und zwar schleimigen bis zähflüssigen Aggregatzustand von durchschnittlich kolloider Formart. Es ist also keine einheitliche, sondern im Gegenteil eine ungleichmäßige (heterogene) Flüssigkeit, in der vor allem die Grenzzone des Zellplasmas, sowie auch bestimmte im Zellinnern enthaltene Plasmaanteile von höherer Konsistenz, d. h. mehr verfestigt sind und eine große Analogie mit Gallerten aufweisen. Angesichts dieser Heterogenität würde das Protoplasma einer Kombination von Sol, Gallerte und Gel entsprechen (v. Tschermak). Sehr dehnbar und fast immer farblos ist es in Wasser unlöslich, in Essigsäure quillt es auf. Nur in den seltensten Fällen ist das Protoplasma ganz homogen, meistens weist es innerhalb einer homogenen Grundsubstanz ungleichmäßig verteilte, stärker lichtbrechende Körnchen (Mikrosomen) und Fädchen auf (Fig. 2).

Nicht selten kann man die Beobachtung machen, daß der Zellkörper an der Peripherie aus körnchenfreiem Protoplasma (Hyaloplasma), im Inneren dagegen aus körnigem Protoplasma (Körnerplasma) besteht.

Mit diesen, dem Protoplasma selbst angehörigen, es zusammensetzenden Körnchen dürfen nicht verwechselt werden Zelleinschlüsse, die in den verschiedenen Zellen in sehr verschiedener Form, Größe, Zahl und Zusammensetzung auftreten und die wir in ihrer Gesamtheit als Deutoplasma (van Beneden) oder Paraplasma (Kupffer) bezeichnen. Es gehören hierher solche Körper wie Fett, Pigment, Glykogen, Stärke, Schleim, Dotter. Sie können in gewissen Zellarten und unter besonderen Umständen im Zellkörper sich so stark anhäufen, daß das Protoplasma ganz in den Hintergrund gedrängt wird. Werden sie aus dem Zellkörper herausgelöst, so erscheint der letztere als ein feines Gerüstwerk, welches größere oder kleinere wabige Hohlräume umschließt. Sind die deutoplasmatischen Einschlüsse flüssig, so können sie in Form von Vakuolen, vom Protoplasma allseitig umschlossenen, kugeligen Hohlräumen auftreten. Auch in Form verschieden gestalteter Kristalle können sie erscheinen (Kristalloide). Beide Substanzen, die die Bestandteile des Zellkörpers bilden, d. h. das Proto- und das Deutoplasma, fassen wir mit dem

gemeinsamen Namen Zytoplasma zusammen, im Gegensatz zum Karyoplasma, d. h. dem Kernplasma.

Die Anwesenheit verschiedener Fremdkörper, die bald in das Protoplasma von außen her eingeführt, bald in ihm selbst gebildet werden und Produkte des Stoffwechsels darstellen, ist der Grund für die große Mannigfaltigkeit im Aussehen und Bau des Zytoplasmas und erklärt auch die große Schwierigkeit, die morphologischen und chemischen Eigenschaften des reinen Protoplasmas zu bestimmen.

Über die chemische Zusammensetzung des Protoplasmas läßt sich gegenwärtig nicht viel Sicheres sagen. Es möge noch einmal hervorgehoben werden, daß „Protoplasma“ kein chemischer Begriff ist. Die chemische Zusammensetzung des lebenden Protoplasmas ist



Fig. 3.

Knorpelzelle der Larve von *Salamandra maculosa*, in lebendem Zustande beobachtet.

Nach Flemming.

Im Innern liegt der Zellkern. Im Zellkörper sind die Fäden der Filar-masse sichtbar. Stark vergrößert.

schon aus dem Grunde uns unbekannt, weil es durch jede Einwirkung von Reagenzien, welche bei der Untersuchung unentbehrlich sind, abgetötet wird; ob aber zwischen lebendem und totem Protoplasma chemische Differenzen existieren, wissen wir nicht. Das Protoplasma zeichnet sich durch großen Wasserreichtum aus (bei erwachsenen Wirbeltieren ca. 50—70%). Von den festeren Bestandteilen nehmen die erste Stelle ein: kompliziert gebaute Eiweißkörper, Phosphorproteide (Nukleoalbumine) und Nukleoproteide, welche beide sich durch ihren Phosphorgehalt auszeichnen. Einfacher organisierte Eiweißkörper, wie Albumin und Globulin, sind im Protoplasma nur in

Spuren vorhanden. Daneben finden sich noch, hauptsächlich als Reservestoffe, Fette und Lipide, d. s. Stoffe, die sich aus den Zellen durch Äther oder ähnliche Lösungsmittel, wie Alkohol, Chloroform, Benzol ausziehen lassen; zu den Lipiden gehören in erster Reihe Lecithin und Cholesterin. Außerdem kommt noch in beschränktem Maße ein Kohlehydrat, das Glykogen, vor. Von den anorganischen Bestandteilen treten auf Phosphor, Kalium, Natrium, Kalzium, Magnesium, Eisen, Schwefel, Chlor und Arsen. Die Reaktion des lebenden Protoplasmas ist alkalisch.

Eine schwierige und auch bis heute nicht völlig aufgeklärte Frage ist die nach dem feineren Bau des Protoplasmas, nach der Protoplasmastruktur. Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich drei Haupttheorien über den Bau des Protoplasmas herausgebildet: die Fadengerüsttheorie, die Wabentheorie und die Granulattheorie (Fig. 2).

Nach der Fadengerüsttheorie (Mitomlehre, Heitzmann 1873, Frommann 1875, Flemming 1882, Leydig 1885) besteht das



Protoplasma aus zwei verschiedenen Substanzen: aus stärker lichtbrechenden, festeren Fäden, Filarmasse, Mitom und aus einer sie trennenden, mehr flüssig-weichen Zwischensubstanz, Interfilar-masse, Paramitom (Fig. 3). Die Fäden können kürzer oder länger, dünner oder dicker sein. Sie lassen sich manchmal schon an lebenden Zellen als stärker lichtbrechende Teile beobachten (Fig. 3, Flemming 1882), gewöhnlich aber erst an dem mit saueren Flüssigkeiten fixierten Material in Form von Strahlungen und Faden-gerüsten. Spätere Forschungen von Meves haben den Beweis erbracht, daß beide Faser-arten (die der lebenden und der fixierten Zelle) als Gebilde verschiedener Art nicht zu identifizieren sind. Nach der Ansicht einiger Autoren (Flemming) vereinigen sich die Fädchen nicht oder nur ausnahmsweise mit-einander und durchziehen meist isoliert in ge-schlingeltem Verlauf den Protoplasmakörper; nach der Ansicht anderer dagegen (Heitz-mann, Fromman, Leydig) vereinigen sie sich zu einem den ganzen Zellkörper durch-ziehenden Netzwerk, so daß ein spongiöser, schwammiger Bau entsteht (Spongioplasma, retikulärer Bau). In den Fäden des Mi-toms kommen oft mehr oder weniger zahl-reiche Körnchen (Mikrosomen) vor.

Den zweiten Platz nimmt die sog. Schaum- oder Wabentheorie (Bütschli 1892) ein (Fig. 4). Nach ihr bildet wiederum eine festere, zähflüssige Substanz, Hyalo-plasma, ein Gerüst, welches aus einer großen Menge allseitig gegeneinander abgeschlossener Räume besteht, die ihrerseits wieder mit einem mehr flüssigen und weicherem Inhalt, Enchy-lema, ausgefüllt sind. Das Gerüst erinnert an Seifenschaum oder Bienenwaben. Die Ge-stalt der voneinander geschiedenen Hohlräume ist eine unregelmäßig vielseitige, da infolge gegenseitigen Drucks die Wände sich abflachen. In den Knotenpunkten des Wabenwerkes sind feine Körnchen, die Mi-krosomen, eingelagert. Die Theorie vom retikulären und schaum-artigen Baue des Protoplasmas können als zweifache Deutungen eines und desselben Bauschemas aufgefaßt werden, da das Fadennetz (laut der Theorie vom retikulären Protoplasma-bau) ein Bild des optischen oder reellen Durchschnitts der zarten, die Alveolen be-grenzenden Membranen (Schaumwände) liefern kann. In den letzten

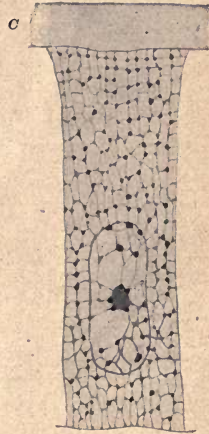


Fig. 4.

Eine Stützzelle der Epi-  
dermis von *Lumbricus ter-  
restris*. Nach Bütschli.

Sowohl im Kern wie auch im  
Plasma ist ein Gerüstwerk zu  
sehen, als Ausdruck des opti-  
schen Durchschnitts des Waben-  
werks. In den Knotenpunkten  
des letzteren sind kleine Kör-  
nchen sichtbar. C Kutikula.

Starke Vergrößerung.

Zeiten wurde Bütschlis Theorie von der Schaumstruktur des Plasmas von Rumbler wieder aufgegriffen (Spumoidbau), der in ihr die einzige Möglichkeit sieht, alle Lebenserscheinungen der Zelle vom mechanischen Standpunkt aus zu erklären.

Nach der dritten Theorie, der Altmannschen Granulattheorie (1890) besteht das Protoplasma aus zweierlei Bestandteilen, nämlich aus feinen oder gröberen Körnchen, Granula, die innerhalb einer gallertartigen, amorphen Intergranularsubstanz liegen (Fig. 5). Die Körnchen sind die Hauptbestandteile und spielen im Leben der Zelle die Hauptrolle, während der toten und minderwertigen Intergranularsubstanz nur eine mehr untergeordnete Bedeutung zukommt, Altmann geht in seiner Hypothese noch weiter, indem er die Granula.

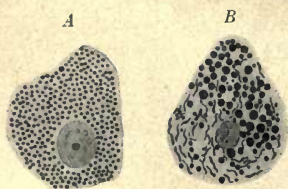


Fig. 5.

**A Leberzelle der Maus.**

Im Innern liegt der Kern mit dem Kernkörperchen. Im Protoplasma sind Granula zu sehen.

**B Drüsenzelle aus der Parotis der Katze.  
(9 Stunden nach Pilocarpininjektion.)**

Im Protoplasma sind Sekretionskörnchen und kurze Fädchen, welche den Mitochondrien entsprechen, sichtbar.

Beide Figuren nach Altmann.

nicht aber die Zelle, für die letzten morphologischen Elementareinheiten der belebten Substanz und für Träger des Lebens, Lebensbildner, Bioblasten, ansieht. Diesen kommt das Vermögen zu, verschiedene Lebensfunktionen in der Zelle zu verrichten: sie assimilieren, wachsen und vermehren sich durch Teilungen. Die Zelle ist nach Altmann ein zusammengesetztes Gebilde, eine Bioblastenkolonie. Diese Bioblasten sind Elementarorganismen, welche den niedrigen Mikroorganismen gleichwertig erscheinen. Unter den Bioblasten unterscheidet Altmann zwei Unterfamilien: Autoblasten, d. h. freilebende Granulaformen, z. B. Mikrokokken und Zytoblasten, Zellgranula, d. s. solche Formen, die nur gemeinsam, zu Kolonien vereinigt, innerhalb der Zelle leben können.

Die Grundlagen für alle diese Theorien von der Protoplasmastruktur hat das Bild geliefert, welches unter dem Mikroskop die mittels gewisser Reagenzien fixierten Zellen darbieten. Diese Reagenzien fällen Eiweißsubstanzen des Protoplasmas, indem sie dieselben in unlösliche Verbindungen umsetzen.

Die Abhängigkeit des mikroskopischen Bildes von den Reagenzien ist in erster Reihe von Fischer hervorgehoben worden, der zugleich eben von diesem Standpunkte aus die Theorien über den Protoplasma-bau kritischen Erwägungen unterzog. Dieser Autor gelangte zur Überzeugung, daß alle die Strukturen, wie sie vom Zellenprotoplasma beschrieben worden sind, an verschiedenen Eiweißkörpern gewonnen



werden können, wenn man auf dieselben die verschiedenen in der mikroskopischen Technik gebräuchlichen Reagenzien einwirken läßt.

Wenn man nun einerseits auch nicht behaupten kann, daß alle protoplasmatischen Strukturen nur Kunstprodukte seien, so fällt es anderseits doch schwer, die Differenzen zwischen den Bildern und den auf ihnen basierenden Auffassungen zu erklären und zu beheben. So begegnet man in letzter Zeit immer häufiger Versuchen, die divergierenden Ansichten doch in Einklang zu bringen.

Nicht nur Zellen verschiedener Art ergeben ein verschiedenes Bild des mikroskopischen Baues ihres Protoplasmas, sondern auch eine und dieselbe Zelle in verschiedenen Stadien ihrer Lebenstätigkeiten untersucht, zeigt Veränderungen des mikroskopischen Bildes. Die Protoplasmastruktur erscheint demnach polymorph, indem sie nicht nur in Zellen verschiedener Art, sondern auch in derselben Zelle Änderungen darbietet, die in einem Abhängigkeitsverhältnis zu den Funktionen der Zelle stehen (Reinke). Die Protoplasmastruktur ist nicht konstant und keine Theorie der Protoplasmastruktur kann für die Zelle in allen ihren funktionellen Zuständen Anwendung finden. Diese Fähigkeit der Strukturänderung muß der morphologischen Wandelbarkeit des Protoplasmas zugeschrieben werden, welche Ružicka als morphologischen Metabolismus des Protoplasmas bezeichnet. Diese Eigenschaft des lebenden Protoplasmas besteht darin, daß die einzelnen Protoplasmastrukturen ineinander überzugehen vermögen. An einem Beispiele läßt sich dies leicht zeigen. Wenn in einer gewissen, jungen, im Ruhestadium verbleibenden, fast amorphen, undifferenziertes Protoplasma besitzenden Zelle infolge von Lebenstätigkeiten größere oder kleinere Körner aufzutreten beginnen, nimmt das Protoplasma körnigen Bau an. Sobald diese Körner während weiterer Zelltätigkeit aufquellen und sich teilweise auflösen, gewinnt das Protoplasma den Anschein eines alveolären Baues, welches fernerhin, wenn sich alle Alveolen auflösen und die sie abgrenzenden Wandungen in bedeutenderem Maße verschwinden, einer Netz- oder Faserstruktur weicht. Demgemäß kann die Zelle im Laufe verschiedener Stadien ihrer Tätigkeit nacheinander einen körnigen, alveolären, netzartigen oder faserigen Bau zeigen. Selbstverständlich kann jede von diesen zeitweiligen Strukturphasen sich zu einem anhaltenden Dauerzustande ausgestalten. Daß wir in der Zelle für verschiedene Zwecke auch verschiedene Strukturverhältnisse vorfinden, erscheint ganz natürlich, wenn man die große Mannigfaltigkeit der Leistungen des Protoplasmas in Betracht zieht (Reinke).

Jede der oben angeführten Ansichten nimmt aber im Protoplasma das Vorhandensein wenigstens zweier Substanzen an: einer gestalteten und einer amorphen, die das Substrat für die gestalteten Elemente abgibt.



Dieses geformte Protoplasma, welches eine wichtige Rolle spielt und bei den Lebensfunktionen der Zellen deutlich zum Vorschein kommt, wird von gewissen Forschern als Protoplasma höherer Art („protoplasma supérieur“ Prenant) dem gewöhnlichen Protoplasma („protoplasma ordinaire“) gegenübergestellt. Aus dem letzteren vermag sich das geformte Protoplasma herauszudifferenzieren, das in verschiedener Form auftreten kann, am häufigsten in Form von Körnern oder Fäden, und ausgezeichnet ist durch sein Verhalten Farbstoffen gegenüber. Hierher dürfte eine ganze Reihe von Formationen gestellt werden, die von vielen Forschern im Protoplasma verschiedener Zellen unter verschiedenen Bezeichnungen beschrieben worden sind.

Von diesen Formationen scheinen die einen allgemeine Bestandteile aller Zellen zu sein und gleichsam spezielle Organe der Zelle (Organellen) zu bilden, andere treten nur in manchen Zellen auf, und zwar nur vorübergehend in gewissen Lebensphasen der Zelle.

Einige von ihnen können manchmal schon intra vitam ohne Zuhilfenahme von Reagenzien nachgewiesen werden, andere lassen sich erst mittels spezieller Fixierungs- und Färbemethoden entdecken.

Von diesen zahlreichen Protoplasmaformationen müssen zu allererst die Mitochondrien genannt werden und es muß ihnen als Gebilden, die in letzter Zeit immer mehr Interesse erregen, etwas mehr Raum gegönnt werden. (Siehe Fig. 2, 6, 7, 8, 9 u. 21.)

Diese zuerst von Benda gewürdigten Gebilde wurden 1897 von ihm im Protoplasma der Samenzellen beschrieben, ihre genauere Kenntnis verdanken wir insbesondere Meves. Sie treten in Form von kleineren oder größeren Körnchen auf, welche sich oft in kleine Ketten aneinanderreihen (Fadenkörner) und zu homogenen Stäbchen (Chondriokonten) oder Fäden (Chondriomiten) verschmelzen. Weiterhin wurden diese Gebilde ohne Rücksicht auf die Form der Elemente als Chondriosomen bezeichnet. Die Gesamtheit der Chondriosomen einer Zelle aber erhielt den Namen Chondriom. In letzter Zeit wurde von Meves für diese Gebilde die Bezeichnung Plastosomen eingeführt, wodurch angezeigt wird, daß diese Strukturelemente an den Bildungsvorgängen in der Zelle teilnehmen. Sie werden von Meves je nach der Form in körnige oder Plastochondrien und fädige oder Plastokonten eingeteilt.

Es wurde festgestellt, daß die Mitochondrien außerordentlich vergängliche Elemente sind, die sich manchmal schon an lebenden Zellen erkennen lassen, aber erst nach Fixierung und Färbung mittels spezieller Methoden (siehe Technik) deutlich zum Vorschein kommen. Spätere Forschungen ergaben, daß die ursprünglich in männlichen und weiblichen Geschlechtszellen entdeckten Mitochondrien in allen Generationen der Geschlechtszellen, von den Spermatogonien und



Fig. 6.

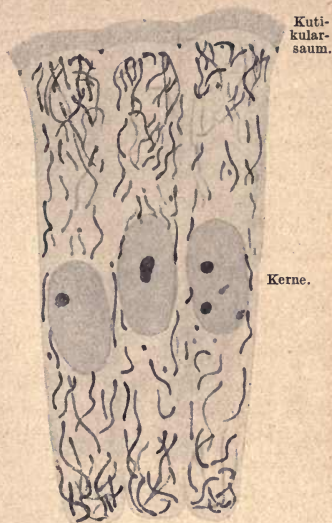


Fig. 7.

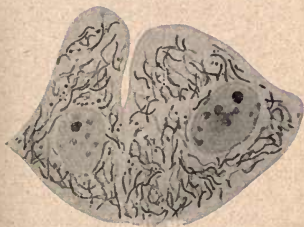


Fig. 8.



Fig. 9.

Fig. 6—9.

Verschiedenartige Zellen mit Mitochondrien, vorwiegend in Gestalt von Chondriokonten und Chondriomiten.

Fig. 6. Zwei Leberzellen der Maus.

Fig. 7. Drei Darmepithelzellen der Maus. Direkt unter dem Kutikularsaum sind quergetroffene Schlußleisten in Form von vier schwarzen Punkten sichtbar.

Fig. 8. Zwei Epithelzellen aus dem Ausflußrohre der Niere des Axolotls.

Fig. 9. Drei Epithelzellen aus dem Tubulus contortus der Niere des Axolotls. In der mittleren Zelle ist der getroffene Kern sichtbar.

Sämtliche obige Präparate sind mit Heidenhainschem Eisenhämatoxylin gefärbt.

Stark vergrößert.

Ovogonien (s. d.) an bis zu dem reifen Samenfaden und Ei, vorhanden sind und daß sie in der Folge während der Befruchtung auf die Embryonalzellen übergehen, so daß die Mitochondrien der letzteren dem Ei und dem Samenfaden zugleich entstammen. Während der Teilung der Zellen bleiben die Mitochondrien weiter bestehen; sie besitzen das Vermögen, sich durch Teilung zu vermehren und gehen zuletzt in die Zellen des erwachsenen Tieres über. Ein Teil dieser Gebilde unterliegt im Verlauf der Entwicklung des Tieres einer Differenzierung und Spezialisierung, was zu einer Abnahme der Plasmosomenanzahl in diesen Zellen führen muß.

(Beschreibung der Mitochondrien der verschiedenen Zellarten siehe an entsprechenden Stellen des Textes.)

Die Wortführer in der Lehre von den Mitochondrien erblicken in ihnen nicht nur einen integrierenden Bestandteil des Protoplasmas, sondern ein permanentes Zellorgan (Arnold), ein Grundelement der Zelle, welches dieselbe neben dem Kern und den Zentriolen enthält (Meves), die vegetativen Zellenorgane, deren Hauptrolle in der Speicherung und Umbildung der aus dem Blut geschöpften Stoffe besteht (Meves, Duesberg). Jedenfalls sind die Plastosomen als konstante und spezifische Zellbestandteile anzusehen, die eine äußerst wichtige Rolle im Zellenleben spielen. Es wird ihnen eine formative Bedeutung zuerkannt, sie liegen allen Differenzierungsprozessen, welche sich im Verlauf der Ontogenese abspielen, als materielles Substrat zugrunde. Solchen Differenzierungsprodukten gehören an erstens die verschiedenen Faserstrukturen, wie z. B. die Protoplasmafasern der Epidermiszellen, die Fibrillen der glatten und quergestreiften Muskelfasern, die Neurofibrillen, die Bindegewebs- und Neurogliafasern, zweitens auch die verschiedensten chemischen Erzeugnisse des zellulären Stoffwechsels, beispielsweise die Sekretkörner in den Drüsen, das Fett, die Pigment- und Dotterkörner (Meves). Es herrscht aber keine Meinungseinigkeit, ob die Plastosomen an genannten Prozessen eine direkte (wenn sie direkt in die erwähnten Differenzierungsprodukte sog. paraplastische Gebilde umgewandelt werden) oder indirekte Beteiligung annehmen. Man spricht ihnen auch eine große Bedeutung bei der Befruchtung und Vererbung zu (Meves, Held).

Der „Plastosomentheorie“ von Meves und Duesberg gemäß sollen im Protoplasma zwei Substanzen unterschieden werden: die Plastosomen (Mitochondrien) und eine Grundsubstanz, in welcher die Plastosomen und ihre Differenzierungsprodukte eingelagert sind, wobei man annehmen kann, daß wenn auch diese Grundsubstanz den Mitochondrien untergeordnet ist, dennoch die in den Mitochondrien sich abspielenden Vorgänge von ihr beeinflusst werden. Nach dem oben Gesagten sind die Plastosomen jedenfalls als geformte Bestandteile des Protoplasmas zu betrachten, welche eine tätige Rolle bei der



Zelltätigkeit, und zwar sowohl bei den formativen, als auch bei den sekretorischen Funktionen der Zelle spielen und ohne die sich kein lebensfähiges und funktionierendes Protoplasma vorstellen läßt.

Spätere Untersuchungen (Meves 1910) haben erwiesen, daß die Mitochondrien mit den von Altmann (1890) entdeckten Granulis (Bioblasten) und den von den Gebrüdern Zoja (1891) als allgemeine Bauelemente aller Zellen beschriebenen Plastikulen völlig identisch sind. Anderseits war man zur Überzeugung gelangt, daß die Mitochondrien dem in fixierten Zellen auftretenden Mitom von Flemming nicht gleichen, weil sie nicht nur während der mitotischen Zellteilung interfilar liegen, sondern auch in der ruhenden Zelle außerhalb der Fäden der Strahlungen und der Gerüste gelegen sind (Meves). Dagegen bestehen die von Flemming in der lebenden Zelle beobachteten Fäden aus Mitochondrien. Was ihren chemischen Gehalt anbelangt, so sollen sie Lipoiden enthalten.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß neben der bereits angeführten Meinung, die Plastosomen seien persistente Zellelemente und Zellorgane, auch eine ganz entgegengesetzte besteht, die in ihnen vergängliche Zellbestandteile sieht, welche entweder im Zytoplasma gebildet werden, bald wieder nukleären Ursprungs sind (Goldschmidt), d. h. daß die ins Plasma übergetretene Kernsubstanz das Bildungsmaterial für neue Plastosomen liefert (Schreiner).

Über andere Gebilde, die als durch Differenzierung des Protoplasmas entstanden, respektive als Bestandteile der Zelle beschrieben worden sind, die jedoch nur in gewissen Tätigkeitsphasen spezielle Zellarten auftreten, wie Ergastoplasma, Basalfilamente und Nebenkern in den Drüsenzellen, Idiosoma in Samenzellen, Dotterkern in der Eizelle wird weiter unten, im speziellen Teil, die Rede sein: Der Hauptteil der Gebilde hat nach der Meinung gewisser Forscher seine Herkunft im bedeutenden Maße den Mitochondrien zu verdanken, andere dagegen bringen ihn in enge Beziehungen zum Kern und leiten seine Herkunft von Kernchromatin ab (R. Hertwig — Chromidien, Goldschmidt — Chromidialapparat).

Der zweite wesentliche Bestandteil der Zelle ist der Kern, Nukleus. Er fehlt nur ausnahmsweise, und zwar in Zellen, die sich nicht mehr teilen und die Verrichtung einer solchen Funktion übernommen haben, bei welcher der Kern unnötig wird, z. B. in den roten Blutkörperchen der Säugetiere und des Menschen; doch auch in diesen Fällen waren die Zellen in früheren Lebensperioden im Besitze eines Kerns. Oft aber ist der Kern während des Lebens der Zelle unsichtbar, einmal wenn er durch deutoplasmatische Einlagerungen des Zellkörpers verdeckt wird, dann wenn Kern und Protoplasma dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen. Im letzten Fall aber

kann der Kern leicht nachgewiesen werden, indem man die Zelle mit verdünnter Essigsäure behandelt, welche das Lichtbrechungsvermögen ändert, da sie eine Quellung des Protoplasmas und Fällung der Kernsubstanz bewirkt, und so den Kern innerhalb des Zellkörpers hervortreten läßt.

Die Gestalt des Kerns ist sehr verschieden, ursprünglich aber wohl stets mehr oder weniger kugelig oder ellipsoidisch. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Gestalt der Zelle, in welcher der Kern enthalten ist, oft nicht ohne Einfluß auf die Gestalt des Kerns ist. So nimmt in den in die Länge gezogenen Zellen der Kern die Form eines längsgestreckten Stäbchens an. In anderen Fällen kann die Gestalt mehr unregelmäßig sein. Solche, im allgemeinen als polymorph bezeichneten Kerne können wurst- oder hufeisenförmig, eingeschnürt, gelappt, verästelt, ringförmig erscheinen, können endlich in Form einer vielfach durchbrochenen Kugelschale auftreten. Die Kerngestalt wird oft durch den Druck deutoplasmatischer Einlagerungen des Zellkörpers stark beeinflußt, so daß ein ursprünglich kugelförmiger Kern scheiben- oder napfförmig werden kann. Der Kern kann zeitlichen Gestaltsänderungen unterliegen, wenn die ganze Zelle durch mechanische Faktoren Deformationen erleidet.

Die Größe des Kerns steht meistens in einem gewissen Verhältnis zur Größe des Zellkörpers. Gewöhnlich kommt ihm  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  des Zellvolumens zu. Junge Zellen besitzen in der Regel große Kerne. Durch voluminöse Kerne zeichnen sich gewisse Nervenzellen, dann die Eizellen und manche Elemente des Blutes aus.

Die Lage des Kerns innerhalb der Zelle ist durchaus nicht konstant. Größtenteils nimmt er ungefähr die Mitte der Zelle ein, doch ist er in vielen Fällen ganz exzentrisch gelegen, was meistens in der Ansammlung deutoplasmatischer Einschlüsse seinen Grund hat. Auch ist in einer und derselben Zelle die Lage des Kerns nicht unveränderlich, er kann bei verschiedenen physiologischen Zuständen seinen Platz wechseln.

Was die Anzahl der Kerne in der Zelle betrifft, so enthalten die Zellen in der Regel einen Kern, doch kommen auch Zellen mit 2 Kernen vor, z. B. Leberzellen, ja es gibt auch Zellen, die in ihrem Körper sehr zahlreiche Kerne, bis über 100, aufweisen, z. B. die Riesenzellen des Knochenmarks und der Milz. Solche vielkernigen Zellen bezeichnen wir als Polykaryozyten. Die große Anzahl von Kernen in diesen Zellen rührt daher, daß der vielfachen Kernteilung keine Teilung des Zellkörpers folgt.

Den Polykaryozyten muß das sog. Synzytium gegenübergestellt werden, welches sich von ersteren vor allem durch die Entstehungsweise unterscheidet. Ein Synzytium entsteht, wenn es bei engerer Verknüpfung der Zellen zum Schwinden der Abgrenzung



zwischen den einzelnen Zellen, zum Verschmelzen einer größeren Menge von Zellen und Bildung eines einheitlichen Ganzen kommt. In gewissen Fällen kann es zu einem vollständigen Schwund der Grenzen der früheren Zellen kommen, so daß nur noch die zahlreichen Kerne darauf hinweisen, daß das Synzytium seine Entstehung vielen Zellen verdankt.

Obgleich der Kern einer lebenden Zelle gewöhnlich fast gar keine Strukturdetails erkennen läßt, ist er doch ein sowohl morphologisch als auch chemisch sehr kompliziert gebautes Gebilde. Über den Aggregatzustand der Kernsubstanz (des Kernplasmas) ließen sich die Bemerkungen, die oben über die Konsistenz des Zytoplasmas ausgesprochen wurden, wohl wiederholen.

Bei Anwendung entsprechender Reagenzien (Fixierungs- und Färbungsmittel) können wir im Kerne gewisse morphologische Bestandteile entdecken, die fast immer in ihm auftreten und als charakteristisch für den Kern gelten müssen. So können nämlich im Kern unterschieden werden: a) das Kerngerüst, b) die Kernkörperchen, c) der Kernsaft, d) die Kernmembran.

ad a) Innerhalb des den Kern durchziehenden Gerüstes können vor allem zwei Substanzen voneinander gesondert werden, die enge Wechselbeziehungen zueinander aufweisen, aber ein verschiedenes Verhalten Farbstoffen gegenüber zeigen. Die eine Substanz nämlich besitzt zu gewissen Farbstoffen bedeutende Affinität und wird deswegen als chromatische Substanz oder Chromatin bezeichnet, die andere verhält sich im Gegenteil indifferent gegen Farbstoffe, erscheint demnach als eine schwer färbbare oder achromatische Substanz. Chromatin ist die für den Kern charakteristische Substanz, die unter dem Mikroskop am meisten in die Augen springt. Mit dem Namen verknüpfen wir einen morphologischen Begriff, keinen chemischen, da diese Substanz kein chemisch einheitlicher Körper ist, sondern denjenigen phosphorhaltigen Eiweißverbindungen zugezählt werden muß, die man als Nukleoproteide bezeichnet. Wie alle Nukleoproteide enthält auch das Chromatin Schwefel, Phosphor und organisch gebundenes (maskiertes) Eisen. Von den Nukleoalbuminen unterscheiden sich die Nukleoproteide dadurch, daß sie Nukleinsäure enthalten und mit verdünnten Säuren gekocht neben Phosphor und gewissen Kohlehydraten sog. Purinstoffe (Adenin, Guanin, Xanthin, Hypoxanthin) und Pyrimidinstoffe als Spaltungsprodukte liefern. Da Nukleoproteide Verbindungen von sehr wechselndem Eiweißgehalt sind, können sie verschiedene Mengen von Nukleinsäure, und gleichzeitig Phosphor, enthalten. Das Chromatin ist wie alle Eiweißkörper sauerbasischer Natur und so wie bestimmte Eiweißkörper vorzugsweise nach der einen, andere dagegen nach der anderen Seite hin reagieren können, können auch die als Chromatine bezeichneten Substanzen



teils stärker sauer reagieren und die basischen Farbstoffe bevorzugen — Basichromatin, teils stärker basisch sich verhalten und die sauren Farbstoffe begieriger aufnehmen — Oxychromatin (doppelte Chromatophilie des Kerns, M. Heidenhain). (Über basische und saure Farbstoffe siehe Technik.) Dieses verschiedene Verhalten gegen Farbstoffe ist vom Phosphorgehalte abhängig; im Basichromatin hätten wir es so mit phosphorreichen, im Oxychromatin mit phosphorarmen Verbindungen zu tun (Heidenhain).

Chromatin ist ein veränderlicher Körper, welcher durch Aufnahme oder Abgabe von Phosphor seine Färbung wechseln kann. Deshalb wechselt auch die Affinität des Chromatins gegenüber den basischen und sauren Anilinfarbstoffen und ist abhängig von gewissen physiologischen Zuständen des Kerns oder der Zelle. Kerne, welche in keine mitotische Teilung mehr eintreten sollen, sind gewöhnlich arm an Basichromatin, dagegen reich an Oxychromatin, beispielsweise in Nervenzellen. Das Oxychromatin verschwindet während der Prophase der indirekten Teilung, um in den Tochterkernen wieder aufzutreten. Die beiden Chromatine sind in den Kernen verschiedener Gewebsarten in verschiedenem Mischungsverhältnis vorhanden. Die Menge und die Verteilung des Chromatins in Zellkernen verschiedener Gewebe liefern verschiedene, für die Zellen der betreffenden Gewebe charakteristische Bilder.

Das Chromatin tritt innerhalb des Kerngerüstes in Gestalt unregelmäßiger Massen auf, die entweder voneinander getrennt liegen oder zu einem einheitlichen Netz verbunden erscheinen und als Ganzes das sog. Chromatingerüst ausmachen.

Forschungen von Altmann, Heidenhain und Eisen haben erwiesen, daß alle Chromatinbalken und -klumpen aus feinen Chromatingranulis bestehen, den Chromiolen (Eisen), von denen sich zwei Arten nachweisen lassen: die basophilen und die oxyphilen. Sie sind in der schwer färbbaren Grundmasse des Kerngerüstes derart verteilt, daß die basophilen Chromiolen in den gröberen, die oxyphilen aber in den feineren Bälkchen derselben liegen. Die Chromiolen pflegen gewöhnlich in größeren Komplexen aufzutreten, so daß sie sich unserem Auge in Form von Bröckchen darbieten, welche Karyosomen genannt werden. Die Chromiolen selbst sind äußerst kleine,  $0,3-0,4\ \mu$  messende, runde Kügelchen, welche die wahren morphologischen Elementarbestandteile des Chromatins bilden und den Altmannschen Granulis entsprechen. Wahrscheinlich kommt ihnen die Fähigkeit zu, während der Wachstumsperiode sich durch Teilung zu vermehren. Sie sind frei suspendiert in der schwer färbbaren Grundmasse, achromatischen Substanz, welche Linin oder Plastin genannt wird und die Form eines zarten Gerüstwerkes hat. Das Linin ist demnach die Grundsubstanz des Kerngerüstes, es ist

die formgebende und gestaltende Substanz der Kernstruktur. Von der Gestaltung des Linins hängt die Struktur des ruhenden sowohl, als auch des in Teilung begriffenen Kernes ab. Nach Heidenhains Ansicht läßt die Beobachtung der mitotischen Teilung in dem Linin eine mit Kontraktilität begabte Substanz vermuten. Linin (Plastin) zeichnet sich durch große Resistenz Säuren und Alkalien gegenüber aus, sowie durch neutrales Verhalten gegen Farbstoffe.

So sind also Chromatin und Linin die zwei Substanzen, die das Kerngerüst bilden.

ad b) Kernkörperchen, Nukleolen, sind stark glänzende, scharf abgesetzte, durch außerordentliche Dichte und Festigkeit gekennzeichnete Körperchen von abgerundeten Oberflächenformen. Die Mehrzahl der Autoren ist der Meinung, daß die Nukleolen frei liegen, in keinerlei Weise an das Chromatin-Liningerüst gebunden. Heidenhain dagegen glaubt, daß wenigstens bei den Körperzellen die Nukleolen stets in die Gerüste eingelagert und von einer chromatischen Schale umgeben sind, die ihrerseits wiederum kontinuierlich mit dem Kerngerüst in Zusammenhang steht (Fig. 16).

Die Substanz, aus welcher die Nukleolen aufgebaut sind, wird als Pyrenin oder Paranuklein bezeichnet und gekennzeichnet durch bedeutende Resistenz gegen künstliche Verdauung. Sie erscheint Alkalien gegenüber beträchtlich widerstandsfähiger als z. B. Chromatin, das sich schon in dünnen Alkalien auflöst. Beim Kochen mit verdünnten Säuren gibt Pyrenin keine Xanthinbasen; es hat eine bedeutende Affinität zu sauren Farbstoffen, ist also oxyphil.

Die Anzahl der Nukleolen im Kern ist eine verschiedene: entweder trifft man ein größeres oder mehrere kleinere Kernkörperchen. Flemming zufolge beträgt ihre Zahl bei gewöhnlichen Gewebezellen 1—5, selten über 8. Es sind aber, insbesondere bei niederen Tieren, Zellen bekannt, bei denen die Anzahl der Kernkörperchen eine sehr große ist.

Gewöhnlich sind die Nukleolen strukturlos, doch können in großen Nukleolen (z. B. in Eizellen) Körner erscheinen, die sich intensiver färben (Nukleolini) oder auch Vakuolen, welche dafür sprechen sollen, daß von den Nukleolen gewisse, für den Kern oder das Protoplasma bestimmte Substanzen produziert werden.

Die Kernkörperchen können in gewissen Perioden der Zelltätigkeit, z. B. während der Zellteilung oder der Sekretion schwinden. An ihnen sind auch amöboide Bewegungen, Teilungserscheinungen und Verschmelzungen beobachtet worden, in Drüsenzellen Ausstoßung der Nukleolarmasse. Was die biologische Bedeutung der Nukleolen anbetrifft, so bestehen zwischen Nukleolen und Chromatin Stoffwechselbeziehungen (Rückert), es existiert nämlich ein sehr enges Verhältnis zwischen der Menge der Nukleolarsubstanz und der des



Chromatins, was Haecker Veranlassung gab, die Nukleolarsubstanz für ein Produkt des Kerns anzusehen.

Diese echten Nukleolen müssen von den Pseudonukleolen getrennt werden, welche letztere nichts anderes sind als Anhäufungen von Chromatin in Form von großen Körnern.

ad c) Der Kernsaft ist eine flüssige Eiweißsubstanz, die alle Lücken und Maschen des oben beschriebenen Kerngerüstes ausfüllt (Fig. 10).

ad d) Die Kernmembran bildet den Gegenstand eines noch immer viel umstrittenen Problems, da ein Teil der Autoren noch gegenwärtig das Vorhandensein einer wirklichen Membran geradezu verneint, welche den Kern vom Zytoplasma trennen würde. Unter den Anhängern obiger Ansicht müssen unterschieden werden diejenigen, welche an die Existenz einer direkten Kontinuität zwischen der Kernstruktur und der Protoplasmastruktur glauben und andere, nach deren Ansicht zwischen beiden Substanzen zwar eine scharfe Grenze besteht, dieser Grenzkontur aber bloß eine Folge des optischen Durchschnitte der wandständigen Partien des Grenzgerüstes ist. Im Gegensatz zu obigen Ansichten nehmen andere zwischen Kern und Protoplasma eine wirkliche, trennende Membran an, die in Form einer doppelt-konturierten Linie auftritt und aus 2, ja sogar 3 Schichten zusammengesetzt ist: der innersten, die aus verdicktem Kernchromatin gebildet ist, der mittleren, die aus einer spezifischen Substanz, dem Amphipyrenin (Schwarz), aufgebaut ist und der äußeren, die aus einer an den Kern angrenzenden Partie des Zytoplasmas besteht. Jedenfalls müßte die in Rede stehende Hülle sehr elastisch sein, da sie Änderungen der Kerngestalt zuläßt, z. B. in Wanderzellen. In gewissen Lebensperioden der Zelle (während der mitotischen Teilung) schwindet die Kernmembran. Die als Bestandteil der Membran angeführte Substanz, das Amphipyrenin soll durch bedeutende Widerstandsfähigkeit den Reagenzien gegenüber ausgezeichnet und schwer löslich sein.

Es muß betont werden, daß es neben Kernen mit kompliziertem Bau, welche alle diese Bestandteile aufweisen, auch in einer bestimmten Richtung differenzierte Kerne gibt, deren Bau viel einfacher sich darstellt; als derartiges Beispiel seien nur die Köpfe der Samenfäden angeführt, die ja Zellkerne sind und als kompakte, homogene Chromatinkörper auftreten.

Bei Betrachtung verschiedener Kerne überzeugen wir uns, daß ihre Struktur eine weitgehende Mannigfaltigkeit aufweist. Das eine Mal zeigen sie fädigen Bau, das andere Mal eine Netzstruktur, andere wiederum offenbaren alveolären Bau oder endlich granuläre Struktur, so daß auch auf den Kern alle die oben bezüglich des Protoplasma-baues erörterten Anschauungen Anwendung finden können.



In den verschiedenen Phasen des Zellebens kann der Kern nicht nur gewissen Änderungen hinsichtlich der Gestalt und des Verhaltens Farbstoffen gegenüber (Oxy- und Basichromatin) unterliegen, sondern er kann auch in seiner Struktur wesentliche Differenzen erkennen lassen, so daß also einem gewissen Funktionszustand auch ein gewisses Strukturbild entspricht. Deshalb müssen wir für den Kern gleichwie für das Protoplasma einen Polymorphismus annehmen. Die Kerne der Drüsenzellen können ein treffendes Beispiel einer derartigen Veränderlichkeit im Kernbau abgeben.

Es ist experimentell erwiesen, daß der Kern für das Leben und die Verrichtung der Zellfunktionen unentbehrlich ist. Heute sind wir schon berechtigt zu behaupten, daß an allen Lebensfunktionen neben dem Protoplasma auch der Zellkern Anteil hat, daß also beide Bestandteile der Zelle in allen Lebensphasen zusammenwirken, wobei Kern und Protoplasma augenscheinlich in ständiger Wechselbeziehung zueinander stehen.

Untersuchungen der letzten Jahre haben vor allem eine intensive Beteiligung des Kerns an der sekretorischen, absorptiven und formativen Tätigkeit der Zellen ergeben.

Die oben erwähnten Vorgänge sind am besten bei wirbellosen Tieren und den niedrigeren Vertebraten erforscht. Auf diese Verhältnisse werden wir noch bei der Besprechung der Drüsenzellen zurückkommen. Hier wollen wir uns mit einigen Bemerkungen begnügen, wobei wir uns hauptsächlich auf die Arbeiten von Garnier und Maziarski stützen. Es zeigt sich, daß während der Sekretion der Drüsenzellen ein Übertritt von Kernsubstanzen (Chromatin und Nukleolarsubstanz) in das Zytoplasma stattfindet, wobei diese Substanzen innerhalb des Zytoplasmas aufquellen und sich in das eigentliche Drüsensekret umwandeln. Der Übergang dieser Stoffe aus dem Kern kann, nachdem sie sich im Kern aufgelöst haben, auf osmotischem Wege geschehen oder aber sie können in Gestalt von Körnern oder Kügelchen direkt die äußerst zarte Kernmembran passieren. Die vom Kerne stammenden, in das Zytoplasma übergetretenen Substanzen werden nicht immer in einer Sekretionsphase vollständig verbraucht, sondern können in der Zelle als Vorrat für die nachfolgenden Phasen verbleiben. Es sind nämlich in gewissen Drüsen Gebilde in Form von neben dem Kerne gelegenen Fibrillen zu sehen, welche von den Autoren verschieden benannt wurden, und zwar Basalfilamente (Solger), Ergoplasma (Dawidoff), Ergastoplasma (Garnier). Diese fibrillären Gebilde sind nun gleichsam Vorratsreservoirs von Chromatin, welches nachträglich je nach Bedarf an das Protoplasma zwecks Umsetzung in Sekret abgegeben wird. Im Sekretionsstadium der Zelle färben sich obige Fibrillen durch basische, im Ruhestadium aber durch saure Farbstoffe.

Als weitere konstante Zellbestandteile wären dann noch die Zentralkörperchen oder die Zentriolen zu betrachten (Fig. 2 und 10). Durch die Untersuchungen der letzten Jahre (van Beneden 1876, Flemming, M. Heidenhain, Zimmermann, Meves, van der Stricht, Cohn u. v. a.) ist mit ziemlicher Sicherheit nachgewiesen, daß sich solche Gebilde wohl in allen Zellen finden, wenn auch ihr Nachweis nicht immer leicht gelingt. Die Zentralkörperchen treten meist in Form von zwei scharf umgrenzten, drehrunden, außerordentlich kleinen Körperchen, Diplosom, auf. Sie sind oft so eng

zusammengelagert, daß sie sich gegenseitig abplatten und dann scheibenförmig erscheinen; manchmal finden sie sich auch in Form von kurzen oder längeren Stäbchen.

Durchschnittlich sind sie kleiner als  $1\mu$ , beispielsweise betragen sie bei Leukozyten  $0,2-0,8\mu$  (Heidenhain). Die kleinsten von ihnen sind, wenn ihr Durchmesser bis auf  $0,2\mu$  herabsinkt, schon an der Grenze des Sichtbaren angelangt. Ihre Größe steht, wie es scheint, in gar keinem ersichtlichen Verhältnis zur Zellgröße. Sie nehmen in

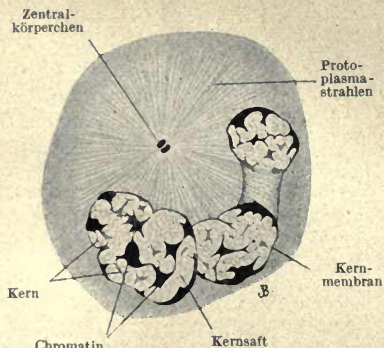


Fig. 10.

L. ukozyt aus der Milz von Proteus.  
Nach Siedlecki.

Sehr starke Vergrößerung. Die Protoplasmastrahlen an das Zentrosoma inseriert. Das Zentrosoma enthält zwei Zentralkörperchen. Das Kerngerüst ist gut zu sehen.

gewissen Zellen, z. B. in den Leukozyten, eine zentrale Stellung ein, liegen in der Nähe des Zellkernes, wobei der Kern nicht selten eine Einbuchtung zeigt, in welcher dann die beiden Körperchen gelegen sind. In anderen Fällen liegen die Zentriolen in bedeutender Entfernung vom Zellkern, ja sie können sogar bis an die Oberfläche des Zellkörpers rücken, was besonders bei den Zylinderepithelzellen der Fall ist. Viele Zellen enthalten 3 Zentriolen; in manchen Zellen können sie sogar in großer Zahl vorhanden sein, wie in den Riesenzellen des Knochenmarks, in denen Heidenhain ihre Zahl auf 200 bis 300 schätzt, wobei sie mehrere Gruppen bilden. Diese oft recht zahlreichen Zentralkörperchen werden in ihrer Gesamtheit von M. Heidenhain als Mikrozentrum bezeichnet. Die Zentralkörperchen können allein im Protoplasma liegen, so daß rings um sie keine Differenzierung im Zytoplasma auftritt, z. B. in vielen Epithelzellen. In anderen Fällen sehen wir benachbarte Plasmabezirke in nähere



Beziehung zu den Zentralkörperchen treten, indem sie strahlige oder konzentrische Differenzierungen erkennen lassen. So liegen in ruhenden Zellen häufig die Zentriolen inmitten eines vom Zellkörper sich scharf abhebenden hellen Hofes, den wir als Zentrosoma bezeichnen. Das Zentrosoma ist in gewissen Fällen homogen, in anderen erscheint es retikuliert, alveolär oder granuliert und bildet unter Umständen den Mittelpunkt eines sonnenartigen Gebildes, der Astrosphäre oder Zentrosphäre. Es gehen nämlich in diesem Fall von dem Zentrosoma radiäre Protoplasmastrahlen in großer Zahl aus, die sich bald im Zellkörper verlieren (Fig. 2 und 10). Diesen strahlenförmig angeordneten Teil des Zellkörpers bezeichnet man zum Unterschied von dem übrigen Protoplasma auch als Archoplasma (Boveri) oder Kinoplasma (Strasburger). Solche Zentrosphären finden sich in Leukozyten, Pigmentzellen, manchen Epithelzellen, vor allem aber in den Eizellen während und nach der Befruchtung und in den durch Teilung der befruchteten Eizelle entstehenden Blastomeren (Furchungszellen).

Welche Rolle die Zentralkörperchen in der Zelle spielen, ist nicht genügend aufgeklärt. Lange galten die Zentralkörperchen als morphologisches und physiologisches Zentrum der Zelle, wobei man sich vor allem auf Erscheinungen der Zellenmitose und auf Untersuchung solcher Zellen stützte, welche gewisse Bewegungen ausführen (Flimmer- und Geißelzellen). Gegenwärtig werden gegen diese Auffassung ernste Einwände erhoben. Es zeigte sich nämlich, daß in Zellen sich Strahlensysteme ohne Vorhandensein besonderer Zentren bilden können und daß die sogenannten Basalkörperchen der Flimmerzellen, von denen man die Bewegungen der Flimmer abhängig machte, den Zentralkörperchen nicht entsprechen (s. u. Flimmerzelle).

Als letzter Zellbestandteil wäre schließlich der sog. innere Golgische Netzapparat (*Apparato reticolare interno*) noch zu besprechen, der gegenwärtig in beinahe allen Zellen nachgewiesen worden ist. Zuerst wurde der Netzapparat von Golgi (1898) in den Nervenzellen der Wirbeltiere nach spezieller Fixierung und Silberimprägnierung der Gewebe entdeckt und beschrieben und später auch von Kopsch unter Benutzung von Osmiumsäure gefunden. Bergen hat seine Existenz auch in anderen Zellenarten erwiesen.

Der Netzapparat besteht aus feinen, ungleichmäßig dicken Fibrillen, die sich gewöhnlich zu einem Geflecht von irregulären Maschen verbinden. In Zellen mit exzentrischen Kernen, also in der Mehrzahl der Zellen, liegt der Netzapparat polar, in Gestalt eines aus Fäden bestehenden Knäuels, nimmt regelrecht die Stelle der stärksten Protoplasmaansammlung ein und paßt sich in seiner Form der Zelle, in der er liegt, an. Mit dem Alter der Zelle, vor allem bei Zellen mit zentral gelegenen Kernen, welche die Teilungsfähigkeit verloren haben (z. B. in den Zellen der Spinalganglien), geht der Netzapparat aus



seiner polaren Lage in die zirkumnukleäre über und bildet oft eine den Kern umgebende Hohlkugel (Weigl, Deineka) (Fig. 11—20).

Die letzten Jahre haben immer zahlreichere Forschungsergebnisse gebracht, die homologe Gebilde auch in Zellen der Wirbellosen nachweisen und dieselben mit dem Netzapparat der Wirbeltiere identifizieren, obgleich sie oft von letzterem dem Anscheine nach beträchtlich differieren und in Form von gewundenen diffus im Plasma zerstreuten Fäden, Ringen und Klümpchen auftreten (Weigl).

Manche wichtige Aufklärungen verdanken wir den Untersuchungen Perroncitos, der das Verhalten dieses Apparates während der Spermiogenese bei verschiedenen Tieren studierte. Es zeigte sich, daß der Apparat an der mitotischen Zellteilung (siehe weiter) teilnimmt, daß sogar in ihm die Zellteilungsvorgänge früher als im Kern beginnen. Der Netzapparat erfährt eine ganze Reihe von gesetzmäßigen Veränderungen, die an Änderungen erinnern, denen das Chromatin während der Mitose unterliegt und die zu einer gleichmäßigen Verteilung der Masse des mütterlichen Netzapparates auf zwei Tochterzellen führen. Diesen von Perroncito als Diktokinesis bezeichneten Prozeß beobachtete Deineka auch während der Mitose der Epithel- und Bindegewebszellen.

Aus der Tatsache, daß der innere Netzapparat in keiner bislang untersuchten Zellkategorie fehlt und in den verschiedenen Lebensperioden der Zelle erhalten bleibt, ziehen die neueren Forscher den Schluß, daß der Apparat ein wesentlicher Zellbestandteil sei. Es unterliegt auch keinem Zweifel, daß der Netzapparat eine wichtige Rolle im Leben der Zelle spielt und ein richtiges Zellorgan bildet; seine Bedeutung und Bestimmung muß aber zur Zeit als noch nicht näher aufgeklärt gelten.

Obgleich von manchen Autoren (Meves, Duesberg) der Netzapparat und die Mitochondrien in Zusammenhang gebracht werden, da für sie der Netzapparat einen Teil der Mitochondrien dieser Zellen darstellt, scheint es zweifelsohne zu sein, daß beide Gebilde streng voneinander zu trennen sind (Weigl, Perroncito) (Fig. 21). (Siehe Erläuterung zur Fig. 21.)

Sjövalls und Weigls Untersuchungen ergaben, daß der wesentliche Bestandteil der Substanz, aus welcher der Netzapparat aufgebaut ist, aus Lipoiden besteht, und zwar wahrscheinlich aus der Verbindung von Lecithin und Eiweiß (Lecithinalbumin) gebildet wird, die durch Osmiumsäure konserviert und bei längerer Einwirkung derselben geschwärzt wird. Wenn dagegen zur Fixierung Reagenzien in Anwendung gelangen, die Lecithin nicht konservieren (Alkohol, Formol, Sublimat), werden die Zerfallsprodukte dieser Substanz ausgelaugt und an Stelle des Apparates treten dann oft helle Kanälchen, die von Holmgren als Trophospongienkanälchen beschrieben

Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.

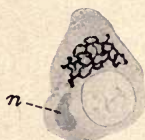


Fig. 16.



Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.



Fig. 20.



Fig. 11—20. Der innere Golgische Netzapparat in verschiedenen Zellarten.

Fig. 11. Nervenzelle eines neugeborenen Hundes.

Fig. 12. Nervenzelle aus dem Ganglion spinale des Kaninchens.

Fig. 13. Darmepithel vom Triton. *b* = Becherzelle, *l* = Leukozyt.

Fig. 14. Spermatozyt vom Triton.

Fig. 15. Pankreaszelle vom Triton. *n* = Nebenkern.

Fig. 16. Epithelzelle aus einem quer durchschnittenen Kapillargefäß eines Tritons.

Fig. 17. Bindegewebszellen vom Triton.

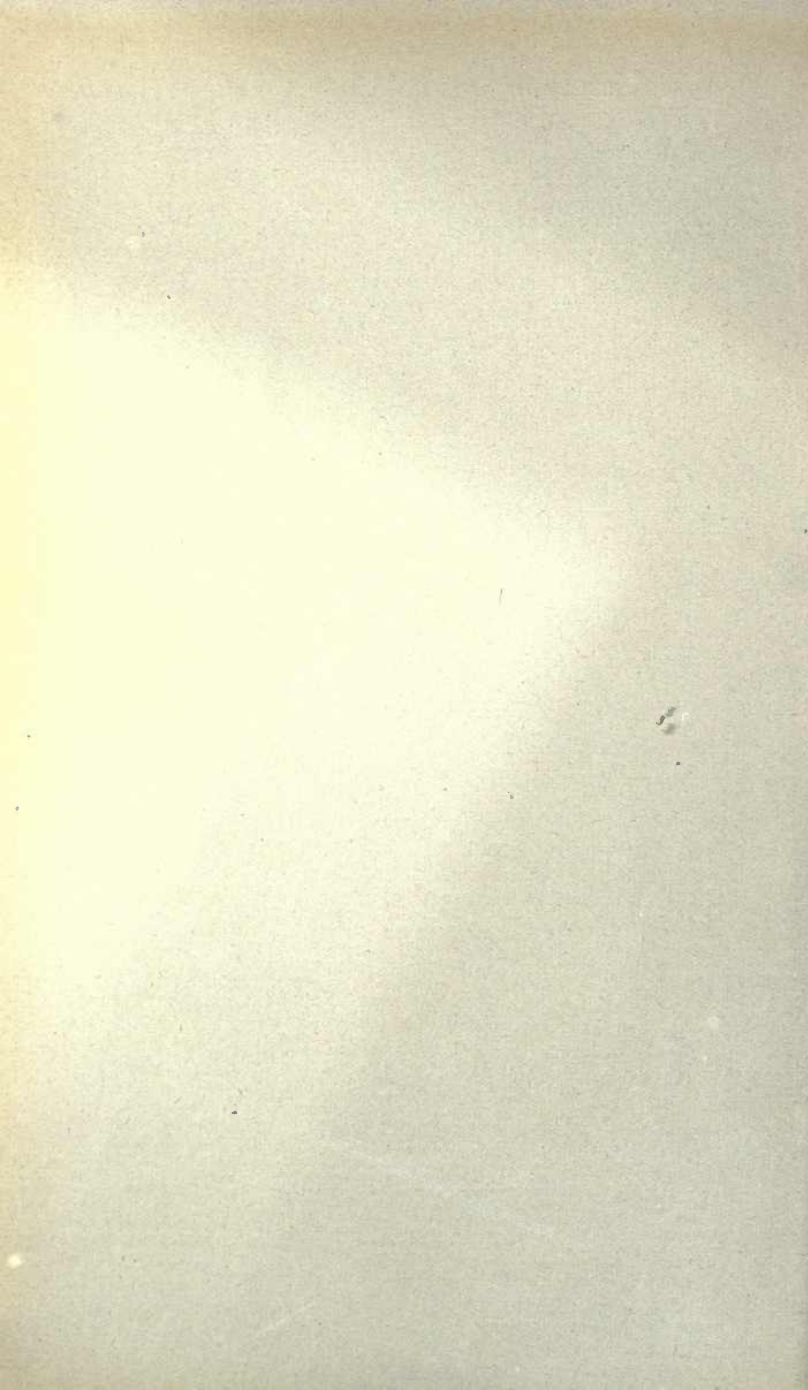
Fig. 18. Knorpelzellen vom reifen Fötus der Maus.

Fig. 19. Leukozyten aus dem Blut des Tritons.

Fig. 20. Drei glatte Muskelzellen aus dem Darm des Tritons.

Alle Präparate gefärbt nach der Golgi-Kopschischen Methode. Alle Zellen gezeichnet bei einer ca. 600maligen Vergrößerung — mit Ausnahme der Fig. 13, die bei ca. 470maliger Vergrößerung gezeichnet wurde.

(Alle Figuren nach Präparaten von Dr. Weigl.)





wurden und gleichsam das Negativbild des Golgischen Netzapparates darstellen (Fig. 21).

Zu diesen vier, in der tierischen Zelle stets vorhandenen Bestandteilen treten dann noch einige andere akzessorische hinzu, die nur in gewissen Fällen vorkommen.

In erster Linie muß da die Zellhaut oder Zellmembran angeführt werden. Während die allermeisten pflanzlichen Zellen eine vom Zellkörper deutlich abgegrenzte Zellmembran besitzen, kommt eine solche bei der tierischen Zelle nur in den seltensten Fällen zur Ausbildung, so daß die tierische Zelle eigentlich als im allgemeinen nackt gelten muß.

Allerdings nimmt die Außenschicht des Zellkörpers meist eine etwas festere Konsistenz, ein etwas dichteres Gefüge an, als die mehr zentral gelegenen Partien und wir können deshalb von einem die Zelle nach außen abgrenzenden Ektoplasma sprechen. Tritt eine solche äußere Grenzschicht stärker hervor, ohne daß sie sich gegen den übrigen Zellkörper scharf absetzt, so daß sie ähnlich wie die Brotkruste allmählich in die Brotkrume übergeht, so können wir sie mit F. E. Schulze als Krusta bezeichnen. Setzt sie sich dagegen auch nach innen scharf ab, so haben wir eine echte Zellmembran, eine Pellikula vor uns.

In manchen Fällen kann die Zellmembran nur auf eine Oberfläche beschränkt sein; dies findet sich bei Epithelzellen, welche dicht aneinander gereiht an der freien Oberfläche von einer Membran bedeckt werden, die wir als Kutikula bezeichnen.

In welcher Form die Zellmembran auch erscheinen mag, sie ist immer ein Produkt des Zellkörpers, und zwar entweder eine Umbildung der Oberflächenschicht des Zytoplasmas oder eine Ausscheidung desselben. Wenn die Zellen an ihrer Oberfläche eine solche von dem

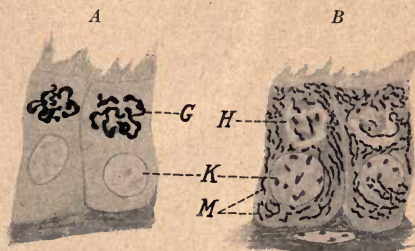


Fig. 21.

Epithelzellen des Nebenhoden der Maus.

Ca. 750 mal vergrößert.

A Nach Behandlung von Kopsch (Sjövall).

G Golgischer Netzapparat.

K Kern.

B Benachbarter Schnitt desselben Präparates nach Entfärbung des Netz-Apparates mittels Kali hypermanganicum und Färbung der Mitochondrien mit Eisenhämatoxilin.

H Negativ des Golgischen Netzapparates = Holmgrensche Trophospongienkanälchen.

M Mitochondrien.

K Kern.

(Nach Präparaten von Dr. Weigl.)

Zytoplasma verschiedene Substanz in bedeutenderem Maße ausschleudet, so kommt es zur Ablagerung derselben zwischen die Zellen und wir sprechen dann von einer Interzellulärsubstanz.

Ändere spezielle Produkte, respektive Organe der Zellen, wie Geißel, Flimmer, Bürstenbesatz u. dgl., werden weiterhin in den entsprechenden Kapiteln besprochen.

Somit hätten wir die wichtigsten Bestandteile der Zelle kennen gelernt und wollen uns nun einer kurzen Betrachtung ihrer wichtigsten Lebensäußerungen zuwenden, soweit sie mittels mikroskopischer Untersuchung wahrzunehmen sind <sup>1)</sup>. Aus einer Reihe von Beobachtungen morphologischer Veränderungen in den Zellen können nämlich gewisse Schlußfolgerungen in bezug auf die Lebensprozesse der Zelle gezogen werden.

Alle Lebensäußerungen der Zelle lassen sich zurückführen auf vier Grundeigenschaften:

1. die der Bewegung,
2. die der Reizbarkeit,
3. die Fähigkeit der Assimilation und Absonderung (Stoffwechsel),
4. das Vermögen der Fortpflanzung.

ad 1. Die Bewegungsvorgänge, welche sich in und an dem Zellkörper abspielen, scheinen ausschließlich vom Protoplasma auszugehen, da wir sie auch noch an Teilen des Zellkörpers wahrnehmen können, die durch mechanische Eingriffe vom Kern losgetrennt wurden. Vier verschiedene Arten der Bewegung können unterschieden werden:

a) Die amöboide Bewegung beruht darauf, daß der Zellkörper Fortsätze (Pseudopodien) aussendet, welche an der Unterlage festhaften und dann den übrigen Körper der Zelle nach sich ziehen, woraus eine Ortsänderung des ganzen Organismus resultiert. Bei längerer Beobachtung einer solchen Zelle unter dem Mikroskop erblickt man einen fortwährenden Formwechsel, indem die Pseudopodien an einer Stelle ausgeschiedt, an einer anderen wiederum eingezogen werden. Die Bewegung erfolgt allerdings meist so langsam, daß schon einige Geduld zu ihrer Beobachtung gehört. Am einfachsten kann man die Gestaltsveränderung feststellen, wenn man die Zellform in verschiedenen Zeitintervallen skizziert (Fig. 22).

Die amöboide Bewegung dient einmal zur Ortsveränderung; im allgemeinen ziemlich langsam, kann dieselbe bei manchen einzelligen Organismen doch so schnell vor sich gehen, daß die Zelle im Laufe weniger Minuten das Gesichtsfeld des Mikroskops verläßt. Zweitens

<sup>1)</sup> Wer sich näher und eingehender über dieses wichtige und interessante Kapitel der Biologie informieren will, dem sei das Studium der Werke von Hertwig, Verworn und Gurwitsch empfohlen.

aber dient die amöboide Bewegung auch der Nahrungsaufnahme. Die ausgestreckten Pseudopodien umfließen kleine Nahrungskörper und lassen sie in das Zellinnere gleiten. Wir finden die amöboide Bewegung in ihrer ausgeprägtesten Form bei der niedersten Klasse der Protozoen, den Rhizopoden, zu deren schalenlosen, nackten Formen die Amöben gehören. Aber auch bei Säugetieren und beim Menschen bieten uns manche Zellen die Erscheinung dieser Bewegung, besonders die frei in der Blutflüssigkeit herumschweifenden weißen Blutkörperchen (Leukozyten), die vermittels ihrer Bewegung die Gefäßwand durchsetzen und in das angrenzende Gewebe eindringen können. Die weißen Blutkörperchen vermögen auch feste Partikel in sich aufzunehmen, wodurch sie als Schutzvorrichtung des tierischen Organismus gegen fremde Eindringlinge, beispielsweise Bakterien, eine wichtige Rolle spielen. Diese Fähigkeit der Leukozyten, fremde Par-



Fig. 22.

Lymphkörperchen des Frosches auf dem heizbaren Objekttrisch untersucht.

Die Umrisse der Zelle sind alle zwei Minuten skizziert. Eine Vakuole ist zu sehen.  
Ca. 1500 mal vergrößert.

tikel zu verschlingen, hat Metschnikoff entdeckt; der Vorgang erhielt von ihm den Namen Phagozytose.

b) Die Flimmerbewegung erfolgt mittels besonderer, aus dem Zellkörper hervorragender Flimmer oder Geißeln. Ist eine derartige Zelle von Natur frei (Infusorien) oder durch künstliche Isolierung frei geworden, so werden die Bewegungen der schlagenden Flimmer oder Geißel eine Fortbewegung der ganzen Zelle zur Folge haben. Diese Bewegungsart wird uns im Kapitel „Epithelgewebe“ näher beschäftigen.

c) Die dritte Bewegungsart, die Muskelkontraktion, ist nur gewissen Zellen, den Muskelzellen, eigen — wird deshalb weiter unten bei Besprechung dieser Zellen erörtert werden.

d) Innerhalb des Zellkörpers begegnen wir noch zwei verschiedenen Bewegungsformen, die sich am Protoplasma abspielen und uns



hauptsächlich durch die Verschiebung, das Strömen deutoplasmatischer Körnchen erkennbar werden. Beide Bewegungsformen lassen sich vor allem in Pflanzenzellen verfolgen und werden als Zirkulation und Rotation unterschieden. Die Rotationsbewegung tritt in Zellen auf, deren Zytoplasma auf einen Wandbelag reduziert ist. Man sieht die Körner in derselben Richtung an der Innenfläche der Zellmembran dahingleiten und eine kreisförmige Bahn beschreiben. Vor allem an Wasserpflanzen ist die Rotation leicht und schön zu beobachten. Die Zirkulationsbewegung hingegen erscheint in Zellen, die große, mit Flüssigkeit ausgefüllte Vakuolen besitzen, die also neben einer wandständigen Zytoplasmaschicht zarte, von der Zellwand in das Zellinnere verlaufende Plasmastränge erkennen lassen. In solchen Zellen werden sowohl in dem dünnen zytoplasmatischen Wandbelag, als auch in den Strängen oft in entgegengesetzter Richtung dicht nebeneinander strömende Körnerreihen sichtbar. Diese Bewegungsart ist hauptsächlich in den Zellen der Landpflanzen vorzufinden. *Tradescantia virginica* bildet ein besonders günstiges Objekt für das Studium der Zirkulation.

Außer diesen aktiven Bewegungsarten werden im Zellkörper aber auch noch andere Bewegungsformen beobachtet, die mit der Lebensfähigkeit der Zelle nichts zu tun haben. Werden innerhalb einer Flüssigkeit sehr kleine Partikelchen suspendiert, so führen sie kaum merkbare, zitternde Bewegungen aus, lediglich infolge der kleinen Stöße, welche auf die Körnchen von den in fortwährender Bewegung sich befindenden Flüssigkeitsmolekülen ausgeübt werden. Solche passive Bewegungen werden als Brownsche Molekularbewegung bezeichnet.

In bezug auf die Bewegungsfähigkeit des Kernes läßt sich sagen, daß in verschiedenen Zellen (z. B. in Ei- und Drüsenzellen) Bewegungen des Kernes beobachtet worden sind, die von manchen als aktive, von anderen aber als passive Bewegungen angesehen werden.

ad 2. Unter Reizbarkeit (Irritabilität) der Zelle wird ihre Fähigkeit verstanden, Reize, die sie von außen her treffen, zu beantworten, auf derartige Reize zu reagieren. Diese Reize können verschiedener Natur sein. So gibt es mechanische, chemische, thermische, elektrische und Lichtreize. Auf solche Reize antwortet die Zelle entweder durch eine Erregung, d. h. eine Steigerung ihrer Lebensäußerungen oder durch eine Lähmung, d. i. eine Herabsetzung, Abschwächung der Lebenserscheinungen. Das erstere findet im allgemeinen bei schwächeren, kurz andauernden Reizen statt, das letztere tritt hingegen bei sehr starken Reizen und langer Dauer derselben ein. Überschreitet die Intensität des Reizes eine bestimmte Höhe, so zieht dies den Tod der Zelle, d. h. das Aufhören sämtlicher Lebenserscheinungen nach sich.

Werden einzellige Organismen, z. B. Bakterien, Infusorien oder frei bewegliche Zellen höherer Organismen, z. B. die Samenfäden von bestimmten Reizen (z. B. Sauerstoff, Apfelsäure) einseitig getroffen, so reagieren sie derart, daß sie sich entweder von der Reizquelle entfernen oder ihr nähern. Tritt diese Erscheinung unter dem Einfluß chemischer Reize auf, so bezeichnen wir sie als Chemotaxis (Chemotropismus) und unterscheiden zwischen einer positiven Chemotaxis, wenn eine Annäherung an die Reizquelle erfolgt und einer negativen Chemotaxis, wenn eine Entfernung von der Reizquelle stattfindet.

Körper von sehr verschiedener Zusammensetzung können gleiche Erscheinungen an den Zellen auslösen: so antworten Flimmerzellen oder Muskelzellen sowohl auf Säuren, als auch auf Alkalien, als auch auf Salze durch erhöhte Tätigkeit. Andere Stoffe dagegen, die wir als Narkotika oder Anästhetika bezeichnen, wirken exquisit lähmend, wie Chloroform, Äther, Chloralhydrat, Curare, Morphinum und viele andere. Unter den mechanischen Reizen spielt die größte Rolle die Erhöhung des Druckes, auf welche die Zellen in den verschiedensten Weisen antworten, meistens im Sinne der Erregung. Auch die Erhöhung der Temperatur wirkt allgemein als Erregung, aber nur bis zu einem gewissen Punkte, dann tritt Starre ein. Erniedrigung der Temperatur wirkt lähmend, mit dem Sinken der Temperatur sinkt auch die Intensität der Lebensprozesse. Die Fähigkeit auf Lichtreize zu reagieren kommt bei den höheren Tieren nur den Zellen bestimmter Sinnesorgane zu. Der elektrische Strom stellt in seiner Wirkung die bei weitem am besten gekannte Reizquelle dar, er ist das Reizmittel par excellence der Physiologen. Jede Steigerung der Intensität des verwandten Stromes wirkt auf die Zellen reizend, sie antworten auf dieselben in der allerverschiedensten Weise.

ad 3. Unter Stoffwechsel verstehen wir die Fähigkeit der Zelle, die ihr von außen her zugeführten Nahrungsstoffe aufzunehmen, dieselben in bestimmter Weise zu verarbeiten und zu ihrem eigenen Aufbau zu verwenden oder an andere Zellen weiter zu geben. Bei dieser Tätigkeit werden von der Zelle Stoffe produziert, welche ihr selbst schädlich sind und deshalb aus dem Organismus beseitigt werden müssen.

ad 4. Die Fortpflanzung der Zelle. Obgleich die Fortpflanzung der pflanzlichen Zelle durch Teilung schon von Dumortier und von Mohl annähernd richtig beobachtet und beschrieben worden war, also schon vor Schwann, dem Entdecker der tierischen Zelle, annäherungsweise bekannt war, hatte letzterer doch noch ganz falsche Vorstellungen über die Sache. Er ließ die jungen Zellen im Innern und zwischen den Zellen aus einem formlosen Keimstoff, dem sog. Zytoblastem sich entwickeln. Erst die Untersuchungen von



Koelliker, Remak u. a. stellten als unumstößliche Tatsache fest, eine Zelle könne sich nur so vermehren, daß sich zunächst der Kern und dann der Zellkörper teilt und daß jede der beiden Tochterzellen die Hälfte der Kern- und die Hälfte der Zellsubstanz der mütterlichen Zelle mitbekommt. Diese Lehre fand ihren Ausdruck in dem kurzen Satze Virchows: *Omnis cellula e cellula*, der noch durch eine zweite These: *Omnis nucleus e nucleo* (Flemming) ergänzt wird.

Spätere Untersuchungen haben dann erwiesen, daß die tierische Zelle sich auf zwei verschiedene Arten teilen kann, auf dem Wege der direkten Teilung (Amitose) oder auf dem Wege der indirekten Teilung (Mitose).

Die ungleich häufigere und typische Teilungsweise einer in voller Lebenskraft stehenden Zelle scheint die indirekte Teilung zu sein und diese wollen wir deshalb auch zunächst besprechen.

#### a) Indirekte Teilung (Mitose, Karyokinese).

Die indirekte oder mitotische Teilung stellt sich uns als ein außerordentlich komplizierter Prozeß dar; charakterisiert wird sie durch eine ganze Reihe am Kerne und Protoplasma ablaufender Vorgänge, welche Zellbestandteile infolge einer Auflösung der Kernmembran in engere Wechselbeziehung zueinander treten. Als wichtigstes Moment ist der Zerfall des Kernchromatins in mehrere gleich große Segmente, die Chromosomen zu bezeichnen sowie die Längsspaltung letzterer, was eine Verteilung des Chromatins in zwei ganz gleiche Hälften für die beiden Tochterzellen bezweckt. Die Chromosomen erscheinen bei höheren Tieren und beim Menschen gewöhnlich in Form von Schleifen, können aber bei niederen Tieren eine sehr mannigfaltige Gestalt annehmen, erscheinen z. B. als kurze Stäbchen, Kügelchen usw. Ihre Zahl ist bei Zellen verschiedener Tierarten verschieden (2—100), für eine jede einzelne Art aber konstant und charakteristisch. Die menschliche Zelle besitzt wahrscheinlich 24 Chromosomen, ebenso wie die der Maus, des Frosches und des Salamanders; der Pferdespulwurm dagegen 4 (*Ascaris megaloccephala bivalens*) oder nur 2 (*Ascaris megaloccephala univalens*).

Innerhalb des Protoplasmas treten gleichzeitig mit der Chromosomenbildung und -spaltung sehr wichtige Erscheinungen auf, wie Teilung des Zentralkörperchens, Erscheinen der strahligen Anordnung des Protoplasmas um die Zentralkörperchen, Wanderung der Zentriolen zu den Zellpolen und Auftreten einer sog. Zentralspindel zwischen denselben.

Die Aufklärung dieses sehr komplizierten Prozesses verdanken wir einer ganzen Reihe von Forschern: Flemming, Boveri, M. Heidenhain, Hermann, Meves, Korschelt, van Beneden,



van der Stricht, Carnoy, Henneguy, Prenant, Kostanecki, Siedlecki, Vejdowski, Mrazek u. v. a.

Der ganze Prozeß zerfällt in vier Stadien:

1. Die Prophase.
2. Die Metaphase.
3. Die Anaphase.
4. Die Telophase.

In folgendem sollen diese Stadien einzeln kurz erörtert werden.

1. Prophase. Sie ist das Vorbereitungsstadium zur Teilung (Fig. 23a, b, c, d u. e, Fig. 24, 25, 26 u. 27). Die ersten Anzeichen

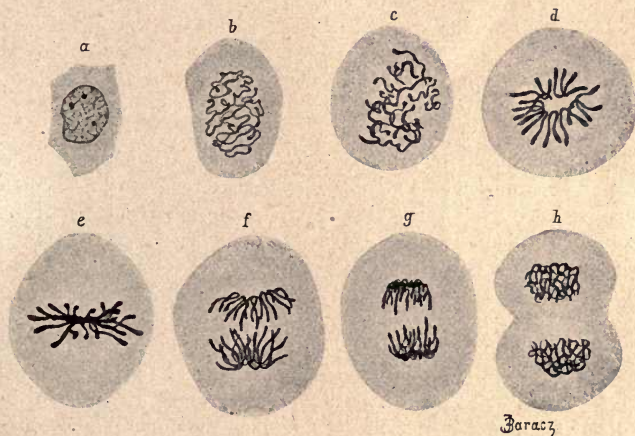


Fig. 23.

Kernteilungsbilder in den Epithelzellen der Hornhaut der Froschlarve.

Vergrößerung ca. 1400 mal. — Nur der chromatische Teil berücksichtigt.

a) Epithelzelle samt Kern während der Ruhe. b) Dichter Knäuel. c) Lockerer Knäuel. d) Mutterstern (Monaster) von oben gesehen. e) Mutterstern von der Seite gesehen. f) Tochtersterne (Dyaster). g) Die Tochterkerne verschieben sich gegen die Pole. h) Die Tochterkerne bilden den lockeren Knäuel.

dafür, daß der Kern sich zur Teilung anschiekt, läßt uns das Chromatingerüst erkennen. Einzelne Chromatinkörnchen und -bröckchen rücken nämlich immer näher und dichter zusammen, ordnen sich jetzt also anders, als sie bisher in dem Liningerüst gelagert waren. Ein Körnchen reiht sich an das andere an, so daß ein unregelmäßig dicker, zu einem Knäuel gewundener, zackiger Faden gebildet wird, der sich durch den ganzen Kerninnenraum in vielen, unregelmäßigen Windungen zieht. Bald jedoch glätten sich die Rauigkeiten, die Zacken verschwinden und wir haben nun einen gleichmäßig dicken, aufgeknäuelten Faden (Spirem, dichter Knäuel) (Fig. 23b).

Jetzt findet die Auflockerung des Knäuels auf die Weise statt, daß sich der Faden verdickt und in eine Reihe hintereinander gelegener, gleich langer Teilstücke zerfällt, die Chromosomen.

Hand in Hand mit der Ausbildung der Chromosomen verlaufen noch zwei wichtige Veränderungen am Kern. Erstens löst sich nämlich die Kernmembran auf, so daß jetzt die Chromosomen und das Protoplasma engere Wechselbeziehungen eingehen können und zweitens verschwindet das Kernkörperchen. Über sein Schicksal sind die Ansichten noch geteilt, wahrscheinlich liefert es Chromatin und wird bei diesem Prozeß gänzlich aufgebraucht.

In den letzten Stadien der Prophase ändern dann auch die Chromosomen sowohl ihre Gestalt als auch ihre gegenseitige Lage. Sie bilden sich bei den höheren Tieren und beim Menschen zu Schleifen um, deren beide Schenkel in mehr oder weniger spitzem Winkel zusammenstoßen. Die Umordnung der Schleifen erfolgt so, daß sie sämtlich mit ihrem geschlossenen Ende sich nach einem Punkte hin richten, den man als das Polfeld (Rabl) bezeichnet.

In diesem Polfeld nun finden sich (seitlich vom Kern) die beiden dicht nebeneinander gelagerten Zentralkörperchen. Rings um sie resp. um das sie einschließende Zentrosoma herum tritt die strahlige Anordnung der Archoplasmafasern auf, welche an Ausdehnung gewinnt, da immer größere Partien des Zelleibes von ihr eingenommen werden. Dann beginnen die beiden Zentriolen auseinander zu rücken, so daß die Verbindungslinie zwischen ihnen parallel zur Kernmembran verläuft. Die sie verbindende helle Substanzbrücke führt den Namen der Zentrodese und bildet durch Wachstum und Zerfall in Fasern die Anlage der Zentralspindel (Hermann, M. Heidenhain), welche aus Fasern besteht, die von einem zum anderen Zentralkörperchen ohne Unterbrechung verlaufen. Die Zentralspindel wächst und die Faserzahl steigt. Gegen das Ende der Prophase sind die beiden Zentrosomen so weit auseinander gerückt, daß sie die beiden entgegengesetzten Pole der Zelle einnehmen.

Nach den eben geschilderten Vorbereitungen kommt es zu einer vollständigen Umlagerung der Chromosomen, was zur Entstehung des sog. Muttersterns, des Monasters führt. Es gruppieren sich nämlich die Chromosomen in der Äquatorialebene der als Kugel gedachten Zelle; senkrecht zu dieser Ebene steht die Verbindungslinie zwischen den beiden in den Polen gelegenen Zentrosomen. Der geschlossene Teil der Chromosomenschleifen wendet sich nach innen, der offene nach außen. Schaut man diese Teilungsphase von oben, d. h. vom Pole an, so bildet das Ganze eine regelmäßige Sternfigur (Fig. 23d); bei seitlicher Ansicht dagegen ruft der Mutterstern den Eindruck einer unregelmäßigen, unterbrochenen Platte hervor (Äquatorialplatte — Fig. 23e).

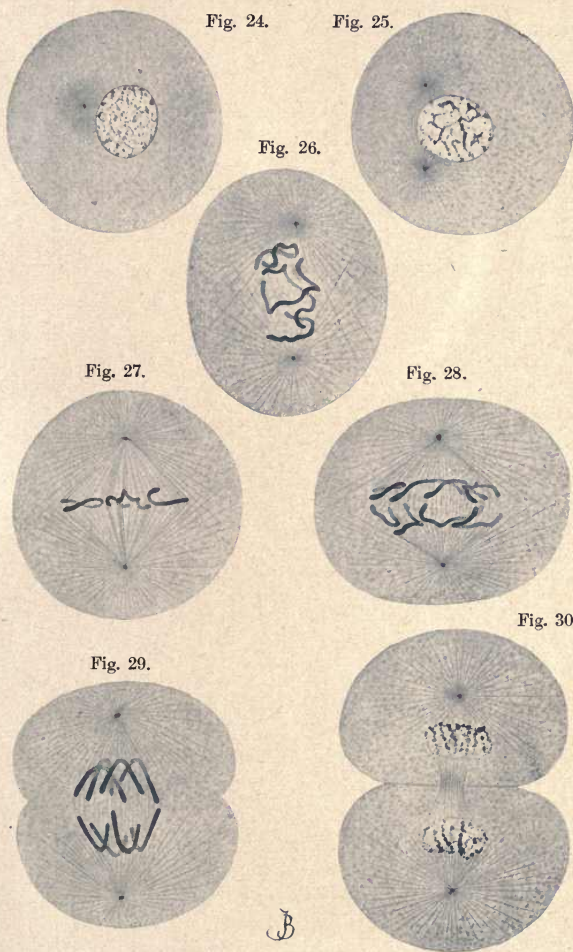
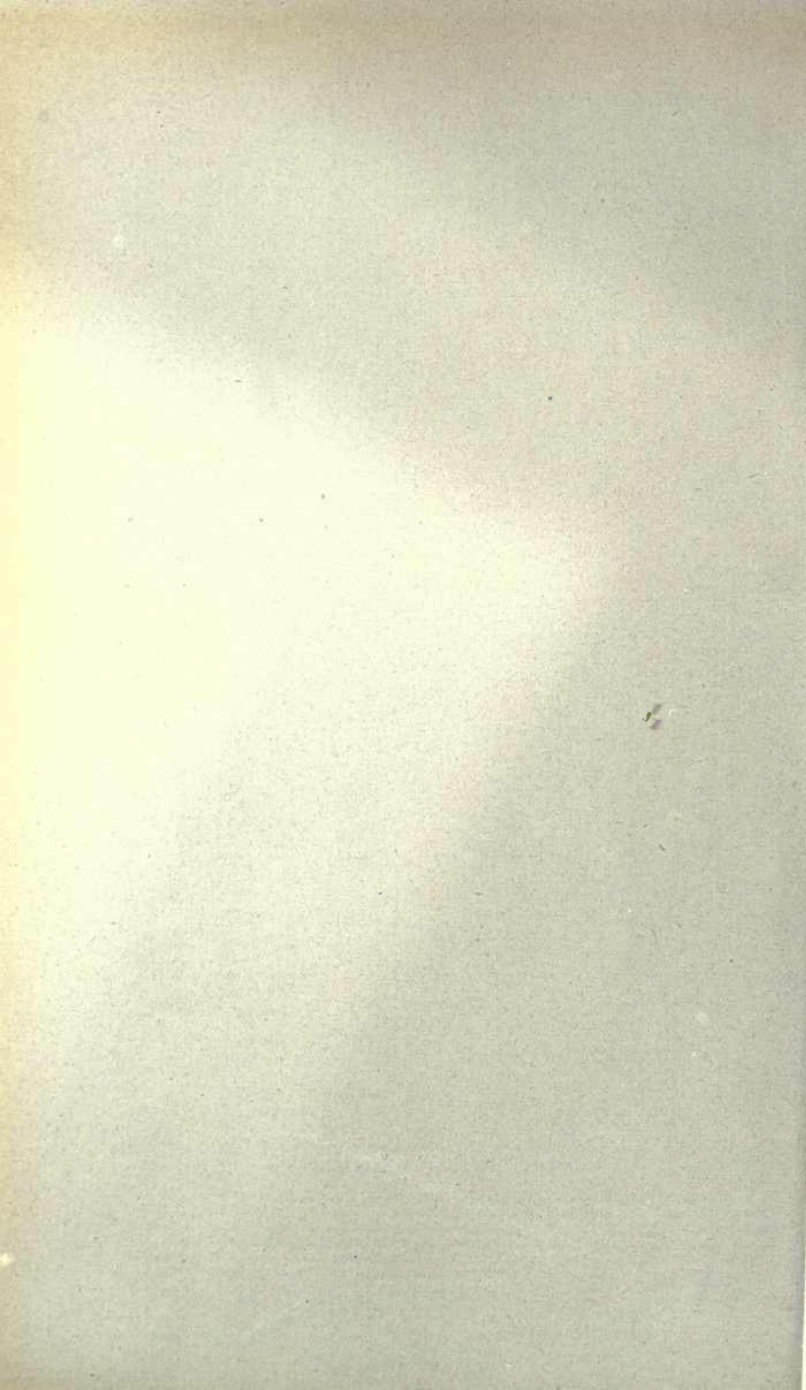


Fig. 24—30.

Halbschematische Darstellung des Zell- und Kernteilungsprozesses bei *Ascaris megalocephala*. Nach v. Kostanecki.

Fig. 24. Ruhende Zelle. Fig. 25. Zentrosom hat sich geteilt. Fig. 26. Prophase — die Zentrosomen lagern sich an den Polen, die Strahlung sehr stark entwickelt — das Chromatin des Kerns zerfiel in vier Chromosomen. Fig. 27. Muttersternstadium. — Chromosomen im Äquator gelagert. Fig. 28. Metaphase. — Die längs gespaltenen Chromosomenschleifen entfernen sich gegen die Pole zu. Fig. 29. Anaphase. — Der Zelleib beginnt sich zu teilen. Fig. 30. Die Teilung des Zelleibes bereits beinahe abgeschlossen. Die Zentralspindel liefert den späteren Zwischenkörper. Die Kerne gehen in das Stadium der Knäuel über.





2. Metaphase. Die sich teilende Zelle tritt mit der Bildung des Muttersterns in die zweite der früher unterschiedenen Phasen, die Metaphase (Metakinesis) ein. Jetzt macht sich an den Chromosomen deutlich eine wichtige Veränderung geltend, die oft schon in der Prophase angedeutet ist und darin besteht, daß jedes Chromosom sich der Länge nach in zwei gleiche, dicht nebeneinander liegende und parallel zueinander verlaufende Töchterschleifen spaltet, wodurch die Chromosomenzahl verdoppelt wird. Die Spaltung beginnt an der Umbiegungsstelle der Schleifen und schreitet langsam ihren freien Enden zu (Fig. 28, 31 u. 32).

Die Archoplasmastrahlen, welche von den beiden Zentrosomen ausgehen, lassen in der Metaphase drei Kategorien erkennen; erstens sind es die Zentralspindelfasern, die parallel zur Zell-

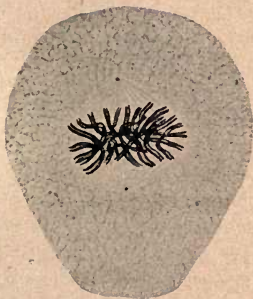


Fig. 31.

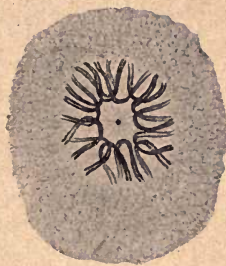


Fig. 32.

Kernteilungsbilder aus dem Amnion der Maus.

Fig. 31. Monaster von der Seite. Fig. 32. Monaster von oben. Die Chromosomen sind längs gespalten (Metaphase). Ca. 1800 mal vergrößert.

achse vom Zentrosom zum Zentrosom frei den ganzen Kernraum durchsetzen, zweitens die Zug- oder Mantelfasern, welche von den Zentrosomen zu den Chromosomen gehen und sich an den letzteren anheften, drittens gibt es noch Fasern der Polstrahlung, die nach allen Richtungen der Zellperipherie in das umgehende Protoplasma einstrahlen (Fig. 28).

3. Anaphase. Jetzt kommt es zur Trennung der Töchterschleifen, indem die parallel verlaufenden, eng aneinander gelagerten Teilstücke in der Richtung gegen die Pole hin auseinander weichen (Fig. 23f, g, Fig. 29).

Die Töchterschleifen machen aber, bevor sie die Pole der Zelle erreicht haben, halt und jede der zwei Tochterchromosomengruppen stellt weiterhin in ihrer Gruppierung ein sternartiges Gebilde dar (Doppelstern, Dyaster), wobei der geschlossene Teil der Schleifen

gegen das Zentrosoma, die freien Enden dagegen zur Zellmitte gerichtet sind.

Gewöhnlich werden in dieser Phase die ersten Andeutungen einer Teilung des Zellkörpers sichtbar. In dem Äquator der Zelle, also in der Ebene, in welcher der Mutterstern lag, beginnt sich der Zellkörper allmählich von der Peripherie nach dem Inneren fortschreitend einzuschnüren (Fig. 29).

Jetzt befindet sich jeder der beiden Tochterkerne in einem Stadium, das dem des Mutterkernes am Ende der Prophase entspricht.

4. Telophase. In dieser letzten Phase werden die Tochterkerne des Dyasters in ruhende Kerne umgebildet (Fig. 23h, Fig. 30). Die Tochtersterne geben ihre reguläre Gruppierung auf, die schleifenförmigen Chromosomen durchflechten sich und verbinden sich miteinander zu zwei Spiremen (Dispirem). Der Knäueifaden ist zuerst ungleichmäßig dick, wird dann zackig und höckerig und zerfällt zuletzt in lauter einzelne Chromatinbröckeln. Der Kern grenzt sich wieder gegen den Zellkörper durch eine nun auftretende Kernmembran ab. Das dicht neben dem Kern gelegene Zentrosoma verliert seine Strahlung und das in ihm liegende Zentriol teilt sich in zwei Zentriolen. Schließlich kann auch das Zentrosoma selbst verschwinden, so daß sich nur noch die beiden Zentriolen neben dem Kern vorfinden. Die Telophase ist also, wie aus dem Obigen erhellt, nichts anderes als gleichsam eine Umkehrung der Prophase.

Gleichzeitig schnürt sich der Zellkörper völlig durch, so daß nun zwei voneinander gänzlich getrennte Zellindividuen da sind. Dabei werden die Zentralspindelfasern, die ununterbrochen von einem Zentrosom zum anderen verliefen, in der Mitte ihres Verlaufes immer mehr zu einem Bündel zusammengedrängt. Sie stellen dann ein in dem Zelläquator stark komprimiertes Bündel dar, dessen Fasern fächerförmig in beide Zellen ausstrahlen. Innerhalb der Durchschnürungsstelle entwickeln sich in den Fasern kleine Anschwellungen, durch deren Zusammentreten ein kleines Körperchen entsteht. Dieses liegt dann nach vollendeter Durchschnürung zwischen den beiden Zellen (Zwischenkörper). Die vom Zwischenkörper in den Zellenleib ausstrahlenden Fasern verlieren sich bald im Protoplasma, während der Zwischenkörper sich oft noch durch längere Zeit erhalten kann.

Wie aus obiger kurzer Darstellung der Mitose ersichtlich wird, treten während dieses Prozesses zwei Teile in den Vordergrund: der chromatische und der achromatische. Während der chromatische Teil der mitotischen Figur ganz dem Kernchromatin entstammt, kann die Herkunft des achromatischen Teils, der in Form dreier Strahlenarten erscheint, eine verschiedene sein. Was zuerst die Zentralspindel anbelangt, so wird dieselbe in gewissen Fällen von der



Zentrodese abgeleitet, in anderen Fällen aber sprechen Beobachtungen mehr für die Auffassung, daß die Fasern der Zentralspindel eine zeitweilige Differenzierung des Zellmitoms unter Einwirkung der Zentralkörperchen (als kinetischer Zentren) darstellen, endlich scheinen in vielen Fällen diese Fasern dem achromatischen Teile des Kerngerüsts (Linin) zu entstammen. Es sind auch solche Zellen beschrieben worden, deren Zentralspindelfasern gemischter Herkunft sind, also gleichzeitig vom Zytoplasma und vom Kern ihren Ursprung nehmen, und zwar derart, daß die am Äquator gelegenen Partien der Spindel aus Lininfasern gebildet werden, die den Polen aber anliegenden Spindelpartien zytoplasmatische Produkte sind.

Die die Chromosomen mit den Zentrosomen verbindenden Zug- oder Mantelfasern können rein zytoplasmatischen Ursprungs sein und erst nachträglich mit den Chromosomen in Verbindung treten oder sie sind in anderen Fällen gemischter Herkunft, und zwar gelten die den Zentrosomen benachbarten Partienteile als zytoplasmatisch, aus Linin aber soll die von den Polen am meisten entfernte, also den Chromosomen nächstliegende Partie gebildet sein.

Die Polstrahlung muß als eine rein zytoplasmatische Differenzierung betrachtet werden, die unter der Einwirkung der Zentralkörperchen zustande kommt.

Über die Kräfte, welche bei der Kern- und Zellteilung zur Wirkung und Entfaltung gelangen, sind verschiedene Theorien aufgestellt worden. Die einen fassen die von den Zentralkörperchen ausgehenden Zugfasern als kontraktile Elemente auf, Muskelfasern vergleichbar (Kontraktilitätshypothesen von M. Heidenhain, Rhumbler, v. Kostanecki), die anderen sehen in diesen Fasern nur die physikalische Folge von Kräften und Bewegungen, die von den Zentralkörpern ausgehen (dynamische Theorien von Bütschli, Ziegler, v. Erlanger). Eine dritte Theorie endlich, die Expansionstheorie, läßt die von den Zentralkörpern auswachsenden Spindelfasern eine propulsive, stemmende Wirkung ausüben und erklärt auf diese Weise das Wandern der Zentralkörper an die Pole sowie das Auseinanderrücken der längs gespaltenen Chromosomen (Drüner, Meves).

Es entstehen demnach unter normalen Bedingungen bei der Karyokinese aus einem Kerne zwei Kerne und aus einer Zelle zwei Zellen. Nur ausnahmsweise, und zwar hauptsächlich in pathologischen Fällen gehen aus der Teilung eines Kerns gleichzeitig mehrere Kerne hervor.

#### b) Direkte Teilung (Amitose).

Die direkte Teilung charakterisiert sich dadurch, daß ohne wichtige innere Veränderungen im Kerne und im Protoplasma es zu

einer Teilung des Kernes und der Zelle kommt (Fig. 33). Die amitotische Teilung fängt damit an, daß der kugelige Kern zuerst eine mehr langgestreckte Gestalt annimmt, das Kernkörperchen sich einschnürt und spaltet, worauf der Kern biskuit- oder hantelförmig wird und schließlich die, beide Kernteile miteinander verbindende, fadenförmige Brücke zerreißt. Der Kern zerfällt so in zwei gesonderte Hälften. Während des ganzen Prozesses aber bleibt — im Gegensatz zur Mitose — der Kern vom Zytoplasma abgegrenzt. Nach der Kernteilung

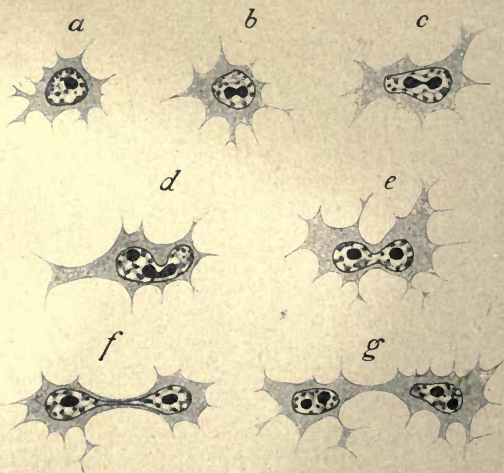


Fig. 33.

Amitotische Teilungsfiguren in der Sehne einer neugeborenen Maus.  
Nach Nowikoff.

Die grossen schwarzen Punkte im Innern der Kerne sind Kernkörperchen. Ca. 1000 mal vergrößert.

kommt es entweder zur Teilung des Zellkörpers oder bleibt diese aus, was bei den Zellen der Wirbeltiere gewöhnlich der Fall ist.

Die aus der Teilung resultierenden Kern- und Zytoplasmateile können entweder gleichgroß sein oder aber in bezug auf GröÙe bedeutend voneinander differieren. Während der Amitose kommt es in der Regel zu keiner Teilung des Zentralkörperchens und es tritt auch keine Strahlung im Protoplasma auf.

Die Kerndurchschnürung kann sich mehrfach ohne eine darauffolgende Teilung des Zelleibes wiederholen; es entstehen dann mehrkernige Zellen (Polykaryozyten), wie beispielsweise die Riesenzellen.

Die Amitose scheint im allgemeinen nur relativ selten vorzukommen. Sie wurde beobachtet an gewissen Elementen des Blutes

und der Lymphe, an den Leberzellen, im Blasenepithel und der Plazenta, in welchen Fällen jedoch gewöhnlich auf die Kernteilung keine Zerschnürung des Zellkörpers folgt.

Was die Bedeutung der Amitose anlangt, so sind die diesbezüglichen Ansichten sehr divergent und einander widersprechend. Während die einen in der Amitose einen Verjüngungs- und Regenerationsprozeß erblicken, wobei sie sich auf Beobachtungen an niederen Tieren stützen, bei denen die infolge anstrengender physiologischer Tätigkeit erschöpften Zellen durch neue auf dem Wege der Amitose entstandenen Elemente ersetzt werden (Frenzel, Plate, Loewit), behaupten die anderen das gerade Gegenteil, die Amitose künde das Ende der Entwicklung der Zelle an, sei das Zeichen des Alterns und einer gewissen Art von Degeneration (Ziegler, v. Rath, de Bruyne). Nach ihrer Ansicht kann sich eine Zelle, die sich schon einmal amitotisch geteilt hat, nachträglich niemals mitotisch teilen. Die Beobachtungen der letzten Jahre sprechen zugunsten der Anschauung, daß die Amitose eine der Mitose gleichwertige Art der Zellteilung sei. Es wurde nämlich beobachtet, daß auf experimentellem Wege, unter dem Einfluß gewisser äußerer Faktoren, wie z. B. unter dem Einfluß der Narkose, niedriger Temperatur, reichlicherer Nahrung u. dgl., Zellen, die normal sich mitotisch teilen, zu amitotischer Teilung gebracht werden können und daß dieser Teilungsmodus in der Folge nach Rückkehr in normale Verhältnisse wieder durch den mitotischen ersetzt werden kann (Gerasimoff, Pfeffer und Natansohn). Diese Tatsachen liefern den Beweis dafür, daß die nämlichen Zellen sich je nach Umständen mitotisch oder amitotisch vermehren können. In der letzten Zeit häufen sich die Beobachtungen immer mehr (v. Wasielewski, Child, Patterson, Maximow, Nowikoff), daß sich sogar junge Zellen amitotisch teilen können und die einer solchen Teilung entstammenden Zellen weiter teilungs- und entwicklungsfähig sind. Nowikoff z. B. beobachtete stets amitotische Teilungen in jungen Knorpeln, Knochen und Sehnen. Das ursächliche Moment der Amitose erblickt dieser Autor „in dem Fehlen des Gleichgewichts zwischen dem inneren Zustand der Zelle und den äußeren die Zelle zur Teilung zwingenden Bedingungen“. Die Amitose wird nach dem Urteil dieses Forschers nicht durch die inneren Zustände der Zelle, welche das Auftreten von mitotischen Teilungen beeinflussen, sondern durch äußere Bedingungen verursacht.

Die Lebensdauer der Zellen der höheren Tiere und des Menschen ist eine außerordentlich verschiedene. Bei manchen Zellen ist sie die des ganzen Organismus; die Zelle entsteht als Teilungsprodukt der Eizelle und stirbt erst ab beim Tode des ganzen Körpers. Das gilt aber wahrscheinlich nur von den Nervenzellen. Alle anderen



Zellen haben eine kürzere Lebensdauer. Unter normalen physiologischen Verhältnissen werden fortwährend neue Zellen durch indirekte Teilung gebildet und treten an die Stelle von absterbenden Zellen. Das gilt vor allen Dingen von denjenigen Zellen, die einen sehr regen Stoffwechsel haben, z. B. den Drüsenzellen. So findet man in den Darmdrüsen nach reichlicher Fütterung zahlreiche Zellteilungsbilder. Eine sehr kurze Lebensdauer besitzen die roten Blutkörperchen, beim Menschen wahrscheinlich nur eine solche von 3 bis 4 Wochen. Die oberflächlichsten Schichten der äußeren Haut werden fortwährend abgestoßen, an ihre Stelle treten andere, die von den tieferen Schichten kontinuierlich vorrücken.

Die tierische Zelle kann den Tod des Gesamtorganismus unter günstigen Umständen einige Zeit überdauern, und zwar bei Kaltblütern länger als bei Warmblütern. So ist es möglich, das aus dem Körper herausgenommene Herz eines Tieres, auch eines Säugetieres, noch längere Zeit bei Anwendung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen schlagend zu erhalten. Es gelang auch, manche Zellen und Gewebe wochenlang im Serum lebend zu erhalten und deren Teilung und Wachstum zu beobachten (Explantation Carrel).

Absterbende Zellen zeigen ganz charakteristische Erscheinungen, die sich zuerst am Kern manifestieren. Sein Chromatin ballt sich zusammen und bildet schließlich nur noch eine kompakte, kugelige Masse (Karyolyse).

## Zweiter Teil.

# Der Bau der tierischen Gewebe.

Die niedrigsten tierischen Organismen (Protozoa, Urtiere) sind einzellige Gebilde. Da hier nur eine Zelle den ganzen Organismus ausmacht, muß sie auch alle Lebensfunktionen verrichten. Die den Urtieren übergeordneten Organismen (Metazoa) sind aus vielen Zellen zusammengesetzt, welche alle von dem befruchteten Ei durch eine fortgesetzte Folge von Teilungen abstammen.

Alle diese Zellen sind in den frühesten Embryonalstadien einander ähnlich, haben eine für Embryonalzellen charakteristische, beinahe kugelige, rundlich-vieleckige Gestalt; sie sind gleich gebaut und gleichwertig. Mit fortschreitender Entwicklung weisen jedoch die Zellen immer größere Unterschiede untereinander auf, sie beginnen sich zu differenzieren. In einem solchen, in der Entwicklung begriffenen mehrzelligen Organismus erhalten die sich differenzierenden Zellen besondere Form- und Baueigentümlichkeiten und sind nicht mehr zur Erfüllung aller Lebensfunktionen geeignet, wie dies bei den einzelligen Tieren der Fall ist; vielmehr sind hier bestimmte Zellen auch nur zur Verrichtung bestimmter Lebensfunktionen befähigt. Es findet also in dem sich entwickelnden Organismus eine weitgehende Arbeitsteilung statt. Diese in ganz bestimmter Richtung sich entwickelnden Zellkomplexe, welche nur zu gewissen bestimmten Funktionen geeignet und nach gewissen Gesetzen gelagert sind, bilden die Gewebe. Unter einem Gewebe verstehen wir demnach einen Komplex gesetzmäßig angeordneter, in einer bestimmten Richtung differenzierter und zu einer bestimmten Tätigkeit befähigter Zellen.

Die Gewebe bestehen jedoch nicht bloß aus Zellen, sondern auch aus Produkten der letzteren, welche wir unter den Begriff Interzellulärsubstanzen zusammenfassen und die bei jedem einzelnen Gewebe ein verschiedenes, charakteristisches Verhalten zeigen. Die Interzellulärsubstanz ist in gewissen Fällen als Ausscheidungsprodukt der Zellen, in anderen als Umwandlungsprodukt der oberflächlichen Partien des Zellprotoplasmas aufzufassen. Sie ist in

ganz jungen embryonalen Geweben noch nicht vorhanden und wird erst im Laufe der Zeit von den Zellen gebildet.

Die verschiedenen Gewebe verbinden sich unter mannigfaltigsten Kombinationen zu Organen, d. h. Gebilden von einem bestimmten inneren Bau und einer bestimmten äußeren Gestalt, welche einem bestimmten physiologischen Zwecke dienen. Nur ausnahmsweise besteht ein Organ ausschließlich aus einem Gewebe; in der Regel beteiligen sich an seinem Aufbau mehrere, ja sogar alle Gewebsarten, so z. B. bei dem Darm, der Haut.

Die Einteilung der Gewebe gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Gewebelehre. Dieselbe kann zur Zeit nur eine künstliche sein, denn auf einer einheitlichen, z. B. rein morphologischen Grundlage läßt sie sich nicht durchführen, da sie nicht nur Form und Bau und die von ihnen abhängige Funktion, sondern auch die Entwicklung und die chemischen Eigenschaften der Gewebe berücksichtigen muß. Man hat auch versucht, die Gewebe nur mit Rücksicht auf ihre Entwicklung zu klassifizieren, doch sind diese Versuche daran gescheitert, daß dieselben Gewebe verschiedenen Ursprungs sein können. Die gegenwärtig allgemein angenommene Einteilung (Köl liker, Leydig) faßt alle Gewebe in vier großen Gruppen zusammen. Man unterscheidet:

1. Epithel- (und Drüsen-)gewebe,
2. Stütz- und Füllgewebe,
3. Muskelgewebe,
4. Nervengewebe.

Muskel- und Nervengewebe finden sich nur im tierischen, nicht jedoch im pflanzlichen Organismus. Wir fassen deshalb beide auch unter dem Namen animale Gewebe zusammen. Epithel- und Stützgewebe treten dagegen auch bei den Pflanzen auf und können deshalb auch als vegetative Gewebe bezeichnet werden<sup>1)</sup>.

## I. Das Epithelgewebe.

Das Epithelgewebe setzt sich ausschließlich aus dicht neben- und übereinander gelagerten Zellen zusammen. In einer Epithelzelle finden wir als konstante Bestandteile: das Zytoplasma, den Kern, ein oder mehrere Zentralkörperchen und den inneren Netzapparat.

Das Zytoplasma zeigt eine verschiedene Struktur, die abhängig ist von der Rolle, welche die Zelle spielt. Es enthält Mitochondrien von wechselnder Gestalt. Ausnahmsweise (in den künftigen Geschlechtszellen) erscheinen sie als solche, unverändert, so

<sup>1)</sup> Aus gewissen Gründen kann auch das Blut als eine fünfte Gewebsart gelten; eine nähere Auseinandersetzung der für und gegen sprechenden Argumente findet der Leser im Kapitel „Blut“.



wie sie sich in den Embryonalzellen vorfanden, größtenteils aber differenzieren sie sich in verschiedener Art und treten in Form von paraplastischen Gebilden auf. So sollen alle fadenförmigen Gebilde der verschiedenen Epithelzellen, der Meinung Meves' und Duesbergs zufolge, als Differenzierungsprodukte der Mitochondrien betrachtet werden. Von diesem Gesichtspunkte aus müßten dann beispielsweise die sog. Widerstandsfibrillen (Tonofibrillen) im Darmepithel und in der Epidermis, die sog. Basalfilamente und die ergoplasmatischen Gebilde in den Drüsen usw. beurteilt werden.

Der Kern der Epithelzellen besitzt gewöhnlich ein deutliches Chromatingerüst, das Zentralkörperchen tritt oft in Form eines Diplosoms auf. Der innere Netzapparat ist in den Epithelzellen wohl entwickelt und läßt sich immer nachweisen (Fig. 9—12).

Eine eigentliche, die Zellen von allen Seiten umgebende Zellmembran fehlt den Epithelzellen stets, nur die äußerste Schicht des Protoplasmas erscheint manchmal dichter, also in Form einer Crusta ausgebildet. An der freien Oberfläche aber können die Epithelzellen die mannigfaltigsten Kutikularbildungen aufweisen.

Die Klassifizierung des Epithelgewebes kann einmal nach physiologischen Gesichtspunkten erfolgen. Es bedeckt einmal dieses Gewebe die gesamte Körperoberfläche und ist in dieser Beziehung ein reines Deck- oder Schutzepithel, dann aber kleidet es auch sämtliche Hohlräume des Körpers aus und gesellt sich hier der deckenden Funktion noch die Aufgabe hinzu, besondere Stoffe auszuschcheiden oder aufzunehmen, zu sezernieren und zu resorbieren. Die Aufgabe des Sezernierens übernimmt das Epithelgewebe vor allem in besonderen Einstülpungen der äußeren und inneren Körperoberfläche, den Drüsen (Drüsenepithel). Schließlich kann das Epithelgewebe auch noch die Aufgabe haben, Reize, welche den Körper von außen treffen, aufzunehmen, zu perzipieren (Sinnesepithel).

Von rein morphologischen Gesichtspunkten können wir das Epithelgewebe nach der Form der es konstituierenden Zellen in plattes und zylindrisches Epithel einteilen. Dazwischen kommt Übergangsform vor, die wir als kubisches Epithel bezeichnen.

Das platte Epithel besteht aus mehr oder weniger regelmäßigen mehrseitigen Zellen, die sich in ihrer Form am besten mit den bekannten Mosaikplatten vergleichen lassen. Ihre Höhe ist nur sehr unbedeutend im Vergleich zu den beiden anderen Dimensionen.

Im Flächenbild erscheinen die Zellgrenzen als gerade oder unregelmäßig zackige Linien. Fig. 34 stellt ein solches Epithel einmal im Flächenbild, das andere Mal im Profilbild dar. Wir sehen, daß der meist in der Zellmitte gelegene Kern den Zellkontur infolge seiner größeren Dicke nach außen vorbuchtet. Meist ist auch der Kern noch von einem etwas dichteren Protoplasma umgeben (Fig. 34 und 35).

Das Zylinderepithel zeigt uns gerade das umgekehrte Verhalten. Bei ihm übertrifft die Höhenausdehnung in größerem oder

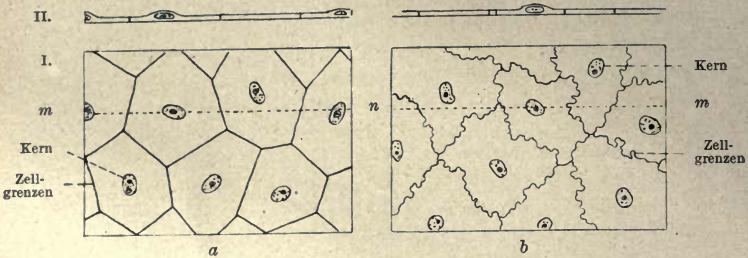


Fig. 34.

Schema eines platten Epithels.

- I. Von oben gesehen.  
 II. Von der Seite gesehen nach Durchschnitt in der Linie *m n*.  
 a) Die Zellgrenzen stellen gerade Linien dar.  
 b) Die Zellgrenzen stellen vielfach gebrochene Linien dar.

geringerem Grade die beiden anderen Dimensionen (Fig. 38c). Die Zellform kann dabei sehr verschiedenartig sein; mehr oder weniger regelmäßige Zylinder, Säulen und Prismen, Kegel, Pyramiden. Der Kern kann entweder die Zellenmitte einnehmen oder sich mehr der Basis oder mehr der Oberfläche zu nähern. Die Zentralkörper finden sich entweder in der Nähe des Kerns oder sie rücken bis dicht unter die freie Oberfläche.

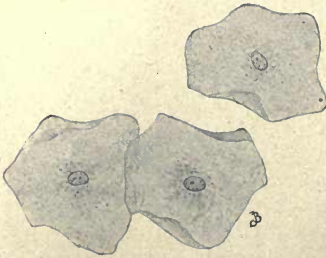


Fig. 35.

Platte Epithelzellen aus der Mundschleimhaut des Menschen, isoliert.

Ca. 375 mal vergrößert.

Das zwischen dem platten und dem Zylinderepithel die Mittelstellung einnehmende kubische Epithel zeigt sich in allen drei Dimensionen ungefähr gleich entwickelt (Fig. 38b).

Zahlreiche und wichtige Differenzierungen kann die freie Oberfläche bei zylindrischen und kubischen Epithelzellen erfahren. Es können nämlich einmal aus ihr zahlreiche längere oder kürzere Härchen herausragen, die während des Lebens in fortwährend schlagender Bewegung begriffen sind; wir bezeichnen ein solches mit Wimpern oder Flimmern besetztes Epithel als Flimmerepithel (Fig. 37).

In anderen Fällen trägt die Zelle an ihrer freien Oberfläche einen Saum, der oft mehr oder weniger deutlich senkrecht zur Ober-

fläche gestreift erscheint. Wir bezeichnen solche Bildungen als Kutikularsäume.

Die Flimmerzelle zeigt in der ausgeprägtesten Form einen außerordentlich interessanten und komplizierten Bau. In Fig. 37 ist schematisch der Bau der Flimmerzelle von einer Teichmuschel dargestellt. Wir sehen die Zelle auf ihrer freien Oberfläche bedeckt mit einem dicken Kutikularsaum. Durch ihn hindurch gehen die Flimmerhaare in das Zellprotoplasma, dessen Ausläufer sie sind. An jedem Haar ist innerhalb der Cuticula eine kleine Anschwellung (Bulbus) wahrzunehmen. Jenseits der Cuticula, gegen das Zellinnere zu, sieht man jedes Haar in ein stärkeres Knötchen übergehen, das man als Basalkörperchen bezeichnet. Stehen die Flimmerhaare

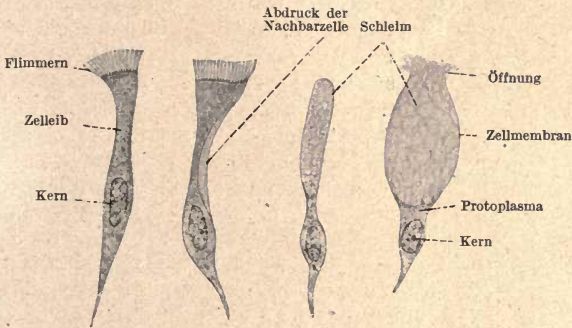


Fig. 36.

Zwei isolierte Flimmer- und zwei Becherzellen aus dem Ösophagus des Frosches.  
Ca. 520 mal vergrößert.

sehr dicht, so kommen die Basalkörperchen auch sehr dicht aneinander zuliegen und kann bei schwächeren Vergrößerungen der Eindruck eines kontinuierlichen Saumes hervorgerufen werden. Jenseits der Basalkörperchen verlängern sich die Flimmerhaare in einen Fadenapparat, der sich mehr oder weniger weit in die Zelle hinein verfolgen läßt. Diese sog. Wimperwurzeln stellen fadige Differenzierungen des Zytoplasmas dar. Unweit vom Kern konvergieren sie, legen sich aneinander und bilden einen Strang, der am Kerne vorbeizieht und sich in den basalen Teilen der Zelle verliert (Engelmann), indem er frei im Plasma endigt (Erhard). In anderen Fällen können die Flimmerzellen ziemlich bedeutende Abweichungen im Bau von dem eben geschilderten Schema aufweisen; so kann beispielsweise der Kutikularsaum fehlen, die Basalkörperchen können mehr nach außen rücken und der Bau kann sich durch das Auftreten weiterer Verdickungen und Knöpfchen im Verlauf der Flimmern noch mehr komplizieren.



Die Flimmern eines Flimmerepithels schlagen während des Lebens alle in einer und derselben Richtung und können auf diese Weise kleine Elemente in bestimmter Richtung fortleiten, im Respirationstrakt z. B. die kleinen Staubpartikelchen nach außen beseitigen, im Eileiter wieder das Ei in den Uterus befördern.

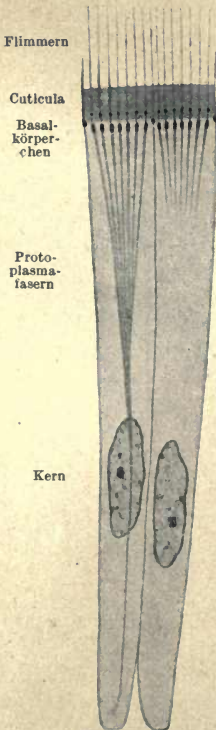


Fig. 37.

Schema des Flimmerepithels.  
Nach Apáthy.

zueren, ziemlich starken Stäbchen, den man mit dem Namen Bürstenbesatz bezeichnet.

Kutikularsäume können an der freien Oberfläche aller möglichen Zellen auftreten, vor allem aber sind sie an der Oberfläche der Darmepithelzellen deutlich zu sehen. Hier zeigt uns der Kutikularsaum eine feine Streifung parallel zur Zellachse, bestehend aus zahllosen feinen Stäbchen oder Härchen, die, wie R. Heidenhain ge-

Diesbezügliche Forschungen ergaben, daß weder der Kern noch das Zentralkörperchen einen Einfluß auf die Flimmerbewegung ausüben. Untersuchungen Peters haben erwiesen, daß die Flimmern zu schlagen aufhören, sobald sie von ihren Basalkörperchen getrennt werden. Auf Grund dieser Untersuchungen hat man die Basalkörperchen als kinetische Zentren der Flimmerhaare betrachtet. Anfangs sahen Henneguy, Lenhossek und Meves in ihnen Abkömmlinge von Zentralkörperchen, aus denen sie angeblich durch Teilung hervorgehen; es stellte sich aber bald heraus, daß obige Anschauung sich schwerlich halten läßt angesichts der von Studnička gemachten Entdeckung wahrer Zentralkörperchen in Diplosomenform, die tiefer als die Basalkörperchen liegen und weiterhin angesichts der Wallengrönschen Beobachtungen über das Verhalten des Zentralkörperchens als auch des ganzen Flimmerapparats während der Mitose der Flimmerzellen; dagegen spricht endlich der von Gurwitsch gelieferte Nachweis, daß der Flimmerapparat in gar keiner genetischen Beziehung zu den Zentralkörperchen steht. Die Basalkörperchen dürfen demgemäß als protoplasmatische, von den Zentralkörperchen unabhängige Gebilde aufgefaßt werden (Prenant).

In manchen Epithelzellen (z. B. denen der Niere) erscheint zur Zeit ihrer Tätigkeit auf der freien Oberfläche ein Saum von kür-

zeigt hat, als feine Ausläufer des Zellprotoplasmas in der homogenen Grundmasse des Saumes stecken. Jedes Stäbchen oder Härchen ist an seiner Wurzel zu einem länglichen Knötchen angeschwollen, mit-  
telst dessen es sich in der Oberfläche der Zelle implantiert.

Man kann anderseits auch die Epithelien nach der Anzahl der Schichten klassifizieren, in welchen sie angeordnet sind und unter-

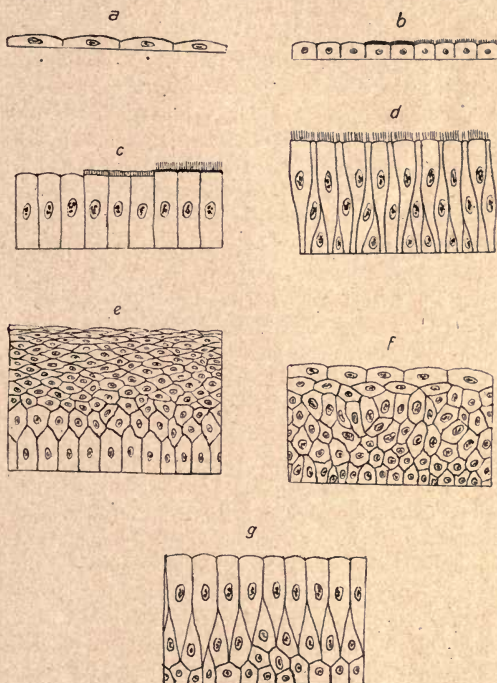


Fig. 38.

Schema der morphologischen Klassifikation der Epithelien.

a) Einschichtiges Plattenepithel. b) Einschichtiges kubisches Epithel. Zellen teilweise mit Kutikularsaum und teilweise mit Bürstenbesatz. c) Einschichtiges Zylinderepithel. Zellen teilweise mit Kutikularsaum und teilweise mit Flimmerbesatz. d) Mehrschichtiges Epithel mit Flimmerbesatz. e) Mehrschichtiges Plattenepithel. f) Übergangsepithel. g) Geschichtetes Zylinderepithel.

scheidet dann einschichtige und mehrschichtige Epithelien. Berücksichtigen wir dazu noch die verschiedene Form, die die Zellen innerhalb dieser Schichten aufweisen, so kommen wir zu folgender morphologischen Klassifikation der Epithelien:

### I. Einschichtige Epithelien.

a) Einschichtiges Plattenepithel: Niedrige, polygonale Zellen, welche in einfacher Schicht, etwa wie die Plättchen

eines Mosaikpflasters nebeneinander liegen (Epithel der Lungenalveolen, der Blut- und Lymphgefäße, des Herzens, der großen Körperhöhlen, der Gelenkhöhlen, Schleimbeutel und Sehnenscheiden, der Bowmanschen Kapseln und der engen Schleifenschenkel in der Niere, hinteres Hornhautepithel) (Fig. 35 und 38a).

- b) **Einschichtiges kubisches Epithel:** Die in einfacher Schicht, wie die Steine eines gewöhnlichen Pflasters, nebeneinander liegenden Zellen sind ungefähr ebenso hoch wie breit (Epithel der Bronchioli respiratorii, einzelner Teile der Harnkanälchen, der Schilddrüsenbläschen und sezernierendes Epithel vieler anderen Drüsen, Epithel der Paukenhöhle, Pigmentepithel der Retina, Epithel der Plexus chorioidei; die Zellen können Flimmer- oder Bürstenbesatz tragen: Epithel der feinsten Bronchien, Epithel der Nierenkanälchen (Fig. 38b).
- c) **Einschichtiges Zylinderepithel:** Die in einfacher Schicht nebeneinander liegenden Zellen sind mehr oder weniger beträchtlich höher als breit (Epithel des Magens, des Darmkanals, sezernierendes Epithel vieler Drüsen, Epithel der größeren Ausführungsgänge der Speicheldrüsen, der Leber und des Pankreas, der Samenblasen und der Ductus deferens und ejaculatorius); die Zellen tragen manchmal Flimmern: Epithel des Uterus und des Eileiters (Fig. 38c).

## II. Mehrreihiges (mehrzeiliges) Epithel (Fig. 38d).

Das mehrreihige Epithel bildet einen Übergang vom einschichtigen zum mehrschichtigen Epithel. Die Zellen sind hier so angeordnet, daß sie alle der gemeinsamen Basis aufsitzen, aber nicht alle die freie Oberfläche erreichen. Es liegen nämlich zwischen den unteren Enden der die ganze Dicke der Epithelschicht durchsetzenden Zylinderzellen rundliche oder keilförmige niedere Zellen, welche mit einem kurzen, nach der freien Oberfläche zu gerichteten Fortsatz sich zwischen den Zylinderzellen verlieren, die Oberfläche also nicht erreichen. So kommt es, daß die Kerne der Zellen in zwei oder mehreren Reihen (Zeilen) angeordnet sind, was den Anschein hervorrufen kann, als ob auch die Zellen geschichtet wären. Die Zylinderzellen tragen gewöhnlich auf ihrer freien Oberfläche Flimmerhaare. Ein solches Epithel finden wir in den Hauptausführungsgängen der großen Speicheldrüsen, in der Pars respiratoria der Nase, in der Tuba Eustachii, im Kehlkopf, in der Luftröhre, in den gröberen Bronchien, im Nebenhoden und im Anfangsteil des Samenleiters.

## III. Mehrschichtige Epithelien.

- a) **Mehrschichtiges Plattenepithel:** Die Zellen liegen in mehreren, oft in vielen Schichten übereinander, und zwar so,



daß die Zellen der tiefsten Schicht zylindrisch sind, dann folgen nach oben zunächst unregelmäßige, polyedrische und schließlich immer mehr plattenförmige Zellen (Epithel der Körperoberfläche, der Mundhöhle, des Schlundes, der Speiseröhre, des Nasenvorhofs, der Hinterfläche des Kehledeckels, der wahren Stimmbänder, der Fossa navicularis der männlichen Harnröhre, der Eichel des Penis, der weiblichen Harnröhre, der Scheide und der Portio vaginalis des Uterus, der vorderen Fläche der Hornhaut, der Konjunktiva in der Nähe des Lid- und Hornhautrandes und Epithel der Tränenröhrchen) (Fig. 38e).

- b) Übergangsepithel: Die Zellen sind ganz ähnlich geschichtet wie beim vorigen, nur werden sie nach oben zu nicht vollkommen platt, sondern bleiben polyedrisch (Epithel des Nierenbeckens, des Harnleiters, der Harnblase und der Pars prostatica der männlichen Harnröhre) (Fig. 38f).
- c) Geschichtetes Zylinderepithel: Die oberflächlichste Zellschicht besteht aus Zylinderzellen, zwischen ihren verjüngten, nach dem Grunde des Epithels strebenden Enden liegen nach der freien Oberfläche zu spitz ausgezogene Zylinderzellen. Basalwärts wird das Epithel schließlich noch durch eine oder mehrere Lagen kubischer Zellen abgeschlossen (Epithel der Pars membranacea und cavernosa der männlichen Harnröhre, im Fornix conjunctivae) (Fig. 38g).

Die einzelnen Zellen stehen innerhalb des Epithelverbandes mittelst Zellfortsätzen, den sog. Interzellularbrücken, miteinander in Verbindung, die von einer Zelle zur anderen übergehen. Die bis heute allgemein herrschende Meinung, daß die Epithelzellen untereinander durch eine sie bindende Kittsubstanz vereinigt seien, die man mittelst Mazerationsmitteln auflösen und so die Zellen isolieren kann, tritt immer mehr gegenüber der Anschauung zurück, daß eine derartige bindende Substanz gar nicht existiert (Kolossow, Waldeyer, Merkel), daß hingegen die Zellen durch Interzellularbrücken verbunden werden. Von vornherein drängt sich nämlich der Gedanke auf, daß eine solche Kittsubstanz, um ihrer kittenden Bestimmung gerecht werden zu können, nicht halbflüssiger, wie allgemein angenommen wurde, sondern fester Konsistenz sein müßte. Als Beweis des Vorhandenseins einer Kittsubstanz zwischen den Epithelzellen wurde auf das Verhalten des Epithelgewebes der Silbernitratlösung gegenüber hingewiesen, man schrieb nämlich der Kittsubstanz die spezielle Eigenschaft Silbersalze energisch zu reduzieren zu. Legt man ein Stückchen eines mit Epithelzellen bekleideten Gewebes für wenige Minuten in eine 0,5%ige Silbernitratlösung und setzt es dann dem Lichte aus, so erscheinen die Zellen von dunklen Linien

umrahmt. Das Auftreten derartiger Linien galt als Beweis des Vorhandenseins einer reduzierenden Kittsubstanz. Doch scheinen diese Linien mit größter Wahrscheinlichkeit ihren Ursprung darin zu haben, daß die eiweißhaltige Ernährungsflüssigkeit mit dem Silbersalz Niederschläge bildet, welche zwischen den Zellen abgelagert werden (Merkel) (Fig. 39).

Größere oder kleinere Lücken (Stomata und Stigmata), die bei Anwendung der Höllesteinlösung deutlich an der Grenze platter

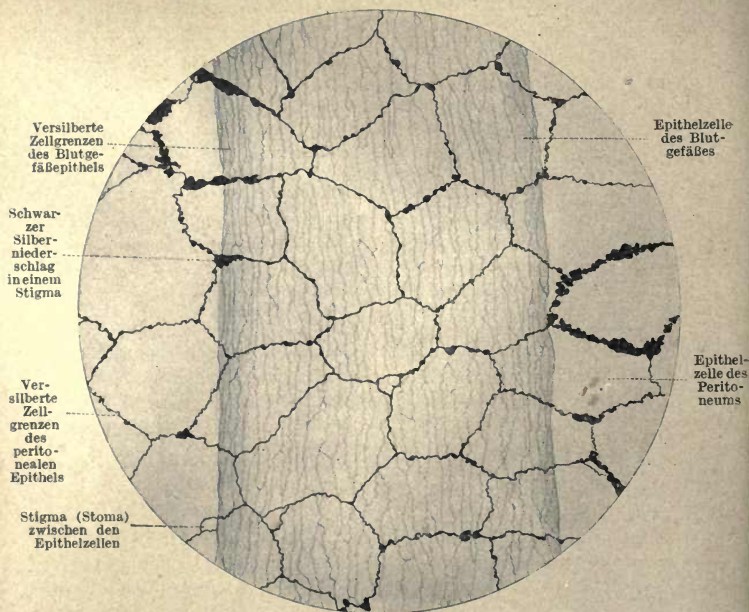


Fig. 39.

Versilbertes Epithel des Mesenteriums vom Kaninchen.

Oberflächlich eine Lage von platten Epithelzellen von polygonaler Form mit schwarz imprägnierten Zellgrenzen. Darunter schimmert ein Blutgefäß durch, dessen langgestreckte Epithelzellen graue, auch versilberte Zellgrenzen aufweisen. Mittelstarke Vergrößerung.

Epithelzellen auftreten, scheinen keine präformierte Öffnungen zu sein (Kolossoff, Ussow, Merkel), sondern werden höchstwahrscheinlich durch die schrumpfende Wirkung der Silberlösung auf die Zellen hervorgerufen (Fig. 39).

Als beinahe konstante Gebilde treten an den freien Rändern benachbarter zylindrischer und kubischer Epithelzellen sogenannte Schlußleisten oder Kittleisten (M. Heidenhain, Zimmermann, Bonnet, Cohn) auf (Figg. 7 und 40). Sie erscheinen am

prägnantesten am Darmepithel zwischen den freien Enden der Zylinderzellen. Hier finden sich zwischen den aneinanderstoßenden Flächen der Zylinderzellen feine von Brücken durchsetzte Spalträume, die nach außen durch diese Schlußleisten abgeschlossen werden. Von der Seite gesehen werden die Leisten als Punkte zwischen den freien Zellenden erscheinen, von der Fläche gesehen zeigen sie die Form eines Netzwerkes von regelmäßigen, polygonalen Maschen, in denen die gegen die freie Oberfläche gerichteten Enden der Zylinderzellen stecken. Man stellte sich vor, daß diese Schlußleisten durch Anhäufung der Kittsubstanz entstanden seien, welche auf diese Weise verhinderte, daß die in den Interzellularräumen kreisende Ernährungsflüssigkeit sich auf die Oberfläche ergießt und verloren geht. Dadurch wird aber die Bestimmung der Schlußleisten in solchen Fällen unverständlich bleiben, wo keine abschließende Oberfläche da ist, wie z. B. zwischen dem Linsenepithel und den Linsenfäsern, wo an beiden Seiten der Zellen Schlußleisten vorhanden sind. Obgleich wir weder die Herkunft noch die Bestimmung der Schlußleisten kennen, können wir doch aus ihrer außerordentlich großen Verbreitung den Schluß ziehen, daß ihnen offenbar eine wichtige Funktion zukommen muß.

Die Epithelzellen stehen also untereinander durch Interzellularbrücken in direkter Verbindung. Als bekanntestes Beispiel solcher Epithelverbindungen seien hier die Stachel- oder Riffzellen genannt, welche z. B. in den tieferen Lagen der menschlichen Epidermis vorkommen (Fig. 41). Hier sind alle Zellen voneinander durch relativ weite Interzellularräume getrennt, welche mit den Lymphräumen der Unterhaut in offener Kommunikation stehen. Von Zelle zu Zelle spannen sich nun, wie Figg. 40 und 41 zeigt, feine, die Interzellularräume durchsetzende Fäden. Es sind das protoplasmatische Fibrillen, welche von einer Zelle in die andere durch die Interzellularbrücken hindurchtreten und sich oft durch mehrere Zellen hinweg verfolgen lassen. Die Interzellularbrücken verleihen diesen Zellen den Charakter eines Synzytiums.

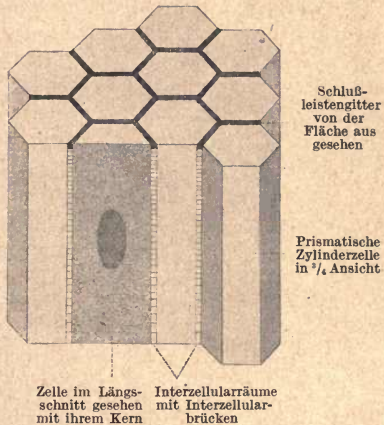


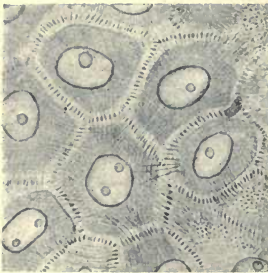
Fig. 40.

Schema des einfachen Zylinderepithels mit Schlußleisten.



Den Interzellularräumen kommt wahrscheinlich eine recht hohe physiologische Bedeutung zu. Das Epithelgewebe besitzt nämlich keine Blutgefäße. Da die letzteren nun aber die Ernährung sämtlicher Gewebe besorgen, so würde bei vielschichtigen Epithelien, wie z. B. in der Epidermis, die Nahrungszufuhr zu den entferntesten, äußersten Zellschichten eine sehr schwierige werden. Hier treten die Interzellularräume helfend ein, indem sie dem ernährenden Strom von den Lymphräumen der Unterhaut her den Zutritt zu den Epithelzellen ermöglichen.

Von der Grundregel, daß sich innerhalb des Epithels keine Blutgefäße finden, gibt es nur einige wenige Ausnahmen, so dringen z. B. in der Gaumenschleimhaut des Frosches (Maurer) und an einer Stelle des menschlichen Schnekenepithels (Retzius) Kapillarschlingen zwischen die Epithelzellen ein.



B

Fig. 41.

Aus einem Durchschnitte durch das geschichtete Pflasterepithel der menschlichen Epidermis.

Einige Epithelzellen des Stratum spinosum durch Interzellularbrücken miteinander verbunden. Ca. 900 mal vergrößert.

Dagegen werden wir in späteren Kapiteln kennen lernen, daß das Epithel oft in außerordentlich reichem Maße von den feinsten Verzweigungen der sensiblen Nerven durchsetzt wird. Auch andere fremdartige Zellen können sich gelegentlich zwischen den Epithelzellen eindringen, das gilt vor allem von den sogenannten Wanderzellen, die an manchen Stellen fortwährend das Epithel massenhaft durchwandern.

Zahlreich sind schließlich die Veränderungen, welche der Körper der Epithelzelle erleiden kann im Dienste der besonderen Funktion, welche das Epithel übernommen hat: es können die Epithelien verhornen (Haut, Haare, Nägel), verkalken (Schmelz der Zähne), verschleimen (Respirations- und Verdauungsorgane), verfetten (Talgdrüsen, Milchdrüsen); sie können in ihrem Körper große Mengen von Pigment bilden oder aufspeichern (Netzhaut, Haare, Haut farbiger Menschenrassen).

Wo das Epithel mit Bindegewebe in Berührung kommt, wird es von ihm durch eine helle, glänzende Membran getrennt, welche entweder ganz strukturlos ist oder nur eine leichte Streifung erkennen läßt. Wir bezeichnen solche Bildungen als Basalmembranen. Über ihre Herkunft gehen die Ansichten auseinander; entweder handelt es sich um ein Ausscheidungsprodukt der Epithelzellen oder um ein Abspaltungsprodukt des tiefer gelegenen Bindegewebes.

Entwicklungsgeschichtlich wäre zu bemerken, daß die verschiedenen Epithelien des Körpers von allen drei primitiven Keimblättern abstammen, so z. B. das Oberflächenepithel des Körpers und die Sinnesepithelien vom äußeren Keimblatt, das Epithel des Magendarmkanals und seiner Drüsen vom inneren Keimblatt, das Keimepithel, das Epithel der Harn- und Geschlechtswege, das Epithel, welches die Blut- und Lymphgefäße und das Innere der großen Körperhöhlen auskleidet, vom mittleren Keimblatt. Das letztere hat man auch als unechtes Epithel oder Endothel bezeichnet, doch liegt kein berechtigter Grund vor, ihm eine Sonderstellung anzuweisen, denn seine Zellen zeigen gar keine charakteristischen, spezifischen Eigenschaften, die sie von den „echten“ Epithelien unterscheiden ließen.

Ursprünglich sind alle Epithelien einschichtig. Da, wo sich geschichtete Epithelien entwickeln, geschieht dies durch Zellvermehrung mittelst Teilung. Die neu entstandenen Zellen drängen sich entweder zwischen die alten ein oder lagern sich in einzelnen Schichten übereinander. Im Laufe des Lebens werden bei manchen Epithelien die Zellen der oberflächlichsten Schicht fortwährend abgestoßen, sie gehen zugrunde. Der Ersatz erfolgt durch indirekte Teilung der Zellen der tiefsten Schicht, so daß die tieferen Schichten langsam nach oben geschoben werden und nach einer jeden abgestoßenen Schicht die nächst tiefere an die Oberfläche gelangt.

Außerordentlich zahlreich sind ferner diejenigen Bildungen, welche eine Vergrößerung der mit Epithel bedeckten Flächen darstellen. Erscheinen sie als Wucherungen des Epithels über die freie Oberfläche hinaus, so entstehen Papillen, Haare, Nägel, Krallen usw., es können sich aber gerade umgekehrt Einsenkungen des Epithels in das darunter gelegene Gewebe bilden, welche schließlich zur Entstehung weitverzweigter, mit Epithel ausgekleideter Hohlräume und Gänge führen. Falls diese Bildungen eine ausscheidende (sezernierende) Funktion verrichten, bezeichnen wir sie als Drüsen.

### Drüsen und Drüsenepithel.

Dem Epithel kommt manchmal sekretorische Funktion zu, d. h. es besitzt die Fähigkeit, bestimmte Stoffe abzusondern, zu sezernieren. Ein solches Epithel wird Drüsenepithel genannt. Diese sekretorische Aufgabe erfüllen vor allem größere Verbände von Drüsenzellen, sog. Drüsen. Als Drüsen (Glandulae) bezeichnet man zu einem bestimmten System vereinigte Hohlräume, die mit Drüsenepithel ausgekleidet sind. Die Funktion der Drüsenzellen besteht darin, Stoffe, die ihnen durch den Blutstrom zugeführt werden, in bestimmter Weise zu verarbeiten und dann das entstandene Produkt in den Drüsenhohlraum auszusecheiden. Diese meist flüssigen Pro-



dukte werden dann durch das Hohlraumssystem der Drüse nach außen befördert. Den ganzen Prozeß, Verarbeitung, Ausscheidung und Transport bezeichnen wir als Sekretion, das gelieferte Produkt entweder als Sekret, nämlich dann, wenn es noch weitere Verwendung im Organismus findet (Speichel, Galle, Magensaft, Darmsaft usw.) oder als Exkret, wenn es als nutzlos oder gar schädlich aus dem Organismus entfernt wird (Harn, Schweiß).

Sekretorische Funktion ist aber nicht allein und ausschließlich an Drüsenbildung geknüpft, sondern sie kommt auch vielen Oberflächenepithelien zu, z. B. den Epithelzellen des Magens und des Darms, wo die Drüsenzellen einzeln zwischen anderen Epithelzellen zerstreut auftreten können. Man bezeichnet diese Zellen auch in wenig treffender Weise als einzellige Drüsen. Ein Beispiel solcher einzelliger Drüsen stellt die Becherzelle dar, wie sie sich in weiter Verbreitung zwischen den Zylinderzellen des Epithels der Verdauungs- und Atmungsorgane findet. Sie besteht in gefülltem Zustand, wie Fig. 35 zeigt, aus zwei verschiedenen Teilen, einem unteren, spitz auslaufenden plasmatischen Körper und einem oberen bauchig erweiterten Teil, der mit Schleim gefüllt ist. Hat die Schleimbildung ein gewisses Maximum erreicht, so platzt die freie Oberfläche und der Schleim ergießt sich in das Darmlumen. Dabei kollabiert die Zelle stark, das Protoplasma dehnt sich im ganzen Körper aus und die Zelle unterscheidet sich nun in nichts von einer gewöhnlichen Zylinderzelle. Als erstes Anzeichen der Umwandlung des Protoplasmas in Schleim treten in der Nähe des Zellkernes Körnchen auf, die Muzinogengranula; sie erscheinen dann im Innern der Zelle in immer größerer Masse, fließen zu größeren, runden Körnern zusammen, die schließlich das ganze Innere der Becherzelle prall füllen. Durch Wasseraufnahme erfolgt Quellung und Umbildung in Schleim, welcher nun als Pfropf (Theka) die Becherzelle ausfüllt, bis er schließlich entleert wird. Die Muttersubstanz für die Entstehung der Muzinogengranula liefern die Mitochondrien. Eine Mitwirkung bei der Schleimbildung schreibt Tschassownikow den Zentralkörperchen zu, die in Diplosomenform in den Becherzellen ständig vorhanden sind und ihre Lage je nach dem Zustande der Sekretbildung ändern.

Wenn wir uns jetzt zu den eigentlichen, mehrzelligen Drüsen wenden, so kann die Einstülpung, welche die Drüse immer darstellt, eine sehr verschiedene Ausdehnung erreichen. Im einen Fall stellt sie nur eine seichte Einsenkung des Epithels dar, im anderen Fall kann dadurch, daß die Epitheleinsenkung stark in die Tiefe wächst und sich von ihr sekundäre Ausstülpungen bilden, die ebenfalls ein starkes Wachstum zeigen, ein voluminöses, von seiner Umgebung scharf abgesetztes Organ entstehen, wie wir es in den Speicheldrüsen, der Leber, dem Pankreas, den Nieren vor uns haben.



Das primär eingestülpte Stück stellt dann den Ausführungsgang dar, welcher meistens nicht direkt, sondern durch zwischengeschaltete Gangstücke in den Endabschnitt der Drüse, in den eigentlichen, mit Drüsenzellen ausgekleideten Sekretionsraum führt. Von außen ist sowohl das ganze Ausführungsgangssystem wie auch der Sekretionsraum von einer verschieden gebauten Basalmembran (*Membrana propria*) begrenzt und so von dem anliegenden Bindegewebe

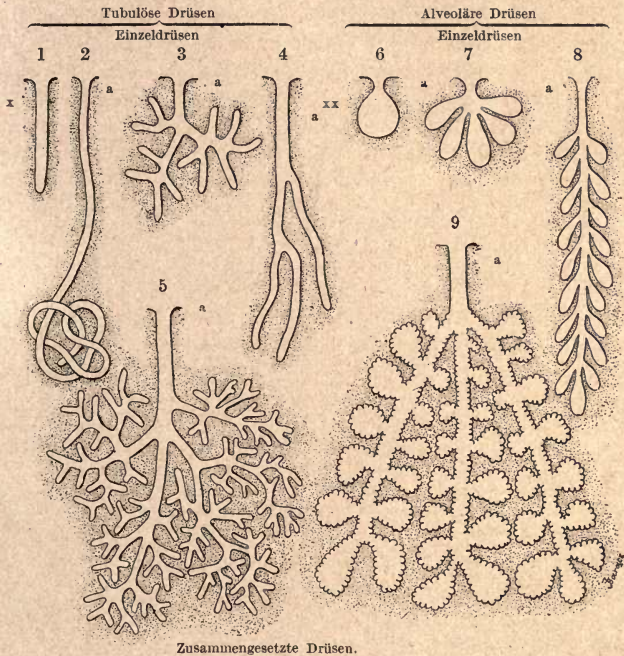


Fig. 42.

Schema der verschiedenen Drüsenformen.

a Ausführungsgang; x einfacher Schlauch (Tubulus); xx einfaches Bläschen (Alveolus).

gesondert. Der Ausführungsgang kann beim Übergange in den Sekretionsraum entweder die gleiche Weite unverändert behalten oder er erweitert sich bläschenförmig. Hiermit ist die Basis der morphologischen Einteilung der Drüsen in tubulöse und alveoläre gegeben, je nachdem die Grundform ihrer Sekretionsräume (der Endabschnitte) durch den Schlauch, Tubulus, oder das Bläschen, Alveolus, repräsentiert wird.

Im einfachsten Falle stellt die tubulöse Drüse einen kurzen, geraden, blind endigenden Schlauch dar, dessen Lumen in seinem ganzen Verlauf von ungefähr gleicher Weite ist (Fig. 42, 1). Solche tubulöse Einzeldrüsen finden sich in weiter Verbreitung im Darmkanal unter dem Namen der Lieberkühnschen Drüsen.

Wächst der Drüsenschlauch in die Länge, so legt er sich meist in Windungen und kann durch Raummangel genötigt werden, sich an seinem blinden Ende zu einem Knäuel aufzuwinden. Wir sprechen dann von einer knäueelförmigen Drüse (Fig. 42, 2), als deren markantestes Beispiel die Schweißdrüsen der Haut angeführt seien.

Eine anderweitige Vergrößerung der sezernierenden Oberfläche wird dadurch erreicht, daß sich der einfache Drüsenschlauch verzweigt, so daß von einem gemeinsamen Stamm zwei, drei oder mehr Äste auslaufen (Fig. 42, 4). Als solche tubulöse verästelte Einzeldrüsen sind die Fundusdrüsen des Magens anzuführen, dann die *Glandulae uterinae* der Gebärmutter.

Vereinigen sich zahlreiche derartige tubulöse verästelte Einzeldrüsen, so kommt eine zusammengesetzte tubulöse Drüse zur Ausbildung. Wir haben einen Hauptausführungsgang, in welchen die Einzeldrüsen entweder direkt oder in dessen Zweige sie münden (Fig. 42, 5). Hoden, Nieren, Tränendrüsen und seröse Drüsen der Zunge (v. Ebnersche Drüsen) zeigen ein solches Bauschema. Einen besonderen Untertypus der zusammengesetzten tubulösen Drüse repräsentiert die Leber. Hier verbinden sich die Tubuli einer jeden, das ganze Organ zusammensetzenden Einzeldrüse miteinander, so daß ein Netzwerk von Drüsenschläuchen entsteht.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den alveolären Drüsen. Ihre einfachste Form, die alveoläre Einzeldrüse, stellt ein kleines, mit sezernierenden Zellen ausgekleidetes Bläschen dar, von kugelig, eiförmig, kolbig oder birnförmig Gestalt, welches sich mittelst eines dünnen, hohlen, mit Zellen ausgekleideten Stiels, des Ausführungsganges, nach außen öffnet (Fig. 42, 6). Solche alveoläre Einzeldrüsen sind die kleinen Talgdrüsen der äußeren Haut.

Wenn sich, wie bei den großen Talgdrüsen oder den Meibomschen Drüsen der Augenlider mehrere Bläschen mittelst dünner, hohler Stiele in einen gemeinsamen Ausführungsgang öffnen, so entsteht eine alveoläre, verästelte Einzeldrüse (Fig. 42, 7, 8).

Zahlreiche alveoläre verästelte Einzeldrüsen können sich wiederum miteinander verbinden und so eine alveoläre zusammengesetzte Drüse bilden. Ein gemeinsamer Ausführungsgang verästelt sich und in seine Zweige münden die alveolären, verästelten Einzeldrüsen ein. Ein solches Bauschema charakterisiert die Milchdrüse, Pankreas, Parotis (Fig. 42, 9).



Sehr häufig jedoch finden wir tubulösen und alveolären Bau miteinander vereinigt, und zwar so, daß ein Drüsentubulus an seinem Ende eine blinde, sackförmige Erweiterung aufweist, also in einen Alveolus ausgeht; dann sprechen wir von alveolär-tubulösen Drüsen. Wir werden, wie bei den oben besprochenen Arten, auch hier alveolär-tubulöse Einzeldrüsen (Pylorusdrüsen des Magens), alveolär-tubulöse, verästelte Einzeldrüsen (Littresche Drüsen der Harnröhre) und alveolär-tubulöse, zusammengesetzte Drüsen (Unterkieferspeicheldrüse, Unterzungenspeicheldrüse, Schleimdrüsen der Mundhöhle, des Schlundkopfes und der Speiseröhre, Cowpersche Drüsen, Brunnersche Drüsen des Darms, Prostata und Lungen) unterscheiden.

Im Gegensatz zu diesen Drüsen mit Ausführungsgang (echte Drüsen, *Glandulae apertae*), gibt es aber noch Drüsen, welche keinen Ausführungsgang besitzen. Manche von ihnen können zwar im Embryonalleben einen solchen haben, doch geht er später zugrunde, wie z. B. bei der Schilddrüse. In derartigen Drüsen wird das von den Drüsenzellen produzierte Sekret durch die Lymph- resp. Blutgefäße abgeführt, und vereinigen wir Drüsen dieser Art zu einer Gruppe: Drüsen mit innerer Sekretion (endokrine Drüsen, *Glandulae clausae*).

Das ganze Hohlraumssystem der Drüsen ist mit Zellen ausgekleidet, die vom Ausführungsgang bis zum Sekretionsraum sich allmählich in ihrer Form und auch in ihrer Struktur ändern. Das Drüsenumen kann sich noch zwischen die den Sekretionsraum auskleidenden Zellen fortsetzen, und zwar in Form von feinen Röhrchen, die wir als Sekretkanälchen bezeichnen und die sich sogar in das Innere der Drüsenzellen erstrecken können.

Die meisten Drüsen, insbesondere Speicheldrüsen und Pankreas, besitzen einen exquisit lappigen Bau, d. h. kleine Bezirke (Läppchen, *Lobuli*) von Drüsensubstanz, die von starken Bindegewebszügen umhüllt und gegen ihre Nachbarn abgegrenzt werden. In ein jedes derartige Drüsenläppchen tritt ein Ast des Ausführungsganges ein, um sich in ihm zu verästeln, so daß wir inter- und intra-lobuläre Ausführungsgänge unterscheiden können. Mit dem Ausführungsgange dringen auch Gefäße und Nerven in das Drüsenläppchen ein; außerdem entsendet das interlobuläre Bindegewebe seine Fortsätze in das Läppchen, welche die einzelnen Tubuli und Alveolen mehr oder weniger vollkommen umhüllen.

Auch glatte Muskelzellen können einen Bestandteil der Drüse bilden; sie kommen meist als Umhüllung der größeren Ausführungsgänge vor, hier oft in mehreren Schichten übereinander gelagert, können aber in besonderen Fällen auch die Sekretionsräume selbst in einer dünnen Lage umgeben.



Das Aussehen der Drüsenzellen ist in den verschiedenen Drüsen verschieden, je nach dem von der Drüse gelieferten Produkte — Talg, Schleim, Glykogen usw. Es können aber auch die Zellen in einer und derselben Drüse ein verschiedenartiges Aussehen zeigen. Einmal ändert nämlich die Drüsenzelle ihre Form und ihren Bau vom Ausführungsgange zum Sekretionsraum hin, dann aber unterliegen die den letzteren auskleidenden Zellen wesentlichen Bau- und Formänderungen, je nach dem physiologischen Zustand, in dem sie sich befinden.

Bei Beobachtung der Drüsenzelle in verschiedenen Phasen ihrer sezernierenden Tätigkeit nehmen wir in ihrem Bau gewisse zu ihrer Tätigkeit in Beziehung stehende morphologische Änderungen wahr. Auf Grund einer fortlaufenden Reihe von Beobachtungen können wir den ganzen Sekretionsprozeß, wenn auch noch immer mit gewissen Lücken, rekonstruieren. Die Zellen gewähren uns in den verschiedenen Stadien der Drüsentätigkeit unter dem Mikroskop verschiedene Bilder. Eine tätige Zelle, d. i. eine Zelle, welche das Sekret oder meistens nur eine Vorstufe des definitiven Sekretes in sich erzeugt, gibt während ihrer Tätigkeit ein anderes Bild, als eine solche, die den Sekretionsprozeß bereits beendet hat und mit den letzten Umwandlungsprodukten des Sekrets angefüllt ist. Eine derartige sekretgefüllte Zelle soll nur noch die in ihr enthaltenen fertigen Produkte nach außen hin befördern, kann also im Gegensatz zur vorigen als eine ruhende Zelle bezeichnet werden. Wir können die Funktionen einer Drüsenzelle steigern oder abschwächen auf experimentellem Wege, mittelst Reizung entsprechender Nerven oder durch Anwendung gewisser Giftstoffe, die, in den Organismus eingeführt, entweder eine Hebung (Pilocarpin) oder eine Hemmung (Atropin) der sezernierenden Tätigkeit nach sich ziehen. Dadurch sind wir in die Lage gesetzt, experimentell verschiedene Funktionsphasen der Drüsenzelle hervorzurufen und im mikroskopischen Bild festzuhalten. Die Erforschung der Sekretionsprozesse stößt jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten hauptsächlich dadurch, daß wir in Ermangelung charakteristischer Reaktionen für die in der Zelle sich heranzubildenden Sekrete (für Muzigen, Fermente) dieselben nicht vom Momente ihrer ersten Entstehung an verfolgen können. Wie weit wir noch von einer definitiven Aufklärung des Entstehungsproblems des Sekrets entfernt sind, erhellt daraus, daß bis auf den letzten Augenblick gegenwärtig zwei diametral voneinander verschiedene Anschauungen über die Entstehung von Sekretkörnchen vorliegen. Der überwiegende Teil der Forscher faßt letztere als Produkte des Zytoplasmas auf (Altmann, Zoja, Prenant, Bouin, Regaud, Mavas, Hoven), andere dagegen huldigen der Ansicht, daß dabei der Kern eine große Rolle spielt, indem er daran indirekt (Ogata, Garnier, Laguesse) oder direkt (Galeotti, Maziarski) beteiligt ist.

Es erscheint angezeigt, diese beiden so sehr divergierenden Anschauungen in Kürze darzustellen.

Zuerst wollen wir schildern, in welcher Weise sich nach Garnier, einem Anhänger der Herkunft der Sekretkörner vom Kern, der Sekretionsprozeß abspielt, wobei wir als Beispiel eine seröse Drüse wählen.

Das Zytoplasma einer Zelle, die zu sezernieren beginnt, zeigt Netzstruktur und färbt sich mit sauren Farbstoffen (ist also azidophil). Innerhalb des fast homogenen Zytoplasmas des Basalteils der Zelle zeigt sich eine Differenzierung; es treten nämlich die Netzbälkchen zu Bündeln oder kompakten Massen zusammen, und zwar rings um den Kern oder an seinen Seiten in der Nähe der Basalmembran. Diese basalen, fibrillären Gebilde zeigen anfangs eine nur schwache Basophilie. Der Kern weist gewisse Änderungen auf, vergrößert sich gleich dem in ihm enthaltenen Kernkörperchen, und Chromatin diffundiert in den Kernsaft. In diesem Augenblicke nähern sich die Basalgebilde dem Kerne, treten mit ihm in Kontakt, indem sie sich unmittelbar mit der verdünnten Kernmembran verbinden. In der darauffolgenden Phase gibt der Kern in das Zytoplasma sein Chromatin ab, welches innerhalb des letzteren in Form von basophil sich färbenden Wolken erscheint; vor allem aber gibt der Kern sein Chromatin in diesen differenzierten Protoplasmateil ab, der von Solger als Basalfilamente beschrieben, von Davidoff als Ergoplasma und von Garnier als Ergastoplasma bezeichnet wurde. In dieser Phase bekundet der Kern eine weit geringere Chromatophilie als im Momente des Beginns der sekretorischen Funktion. Die Basalfilamente, die nun dank der Imprägnierung mit Chromatin eine stärkere Basophilie zeigen, spielen nach Garnier die wichtigste Rolle bei der Erzeugung der Sekretkörner. Die chromatische Substanz des Ergastoplasmas nämlich breitet sich in dem Plasmanetze aus und die bis jetzt einheitlichen Basalfibrillen zerfallen in Körnchen. Zuerst erscheinen die Körnchen in den Knotenpunkten, dann in den Maschen des Netzes im basalen Teile der Zelle; sie nähern sich der freien Zelloberfläche, quellen auf und werden zuletzt nach außen befördert. Mit diesem Augenblicke verlieren die Basalfilamente ihre Bedeutung und können ganz schwinden oder eine gewisse Menge des vom Kerne in das Zytoplasma ausgestoßenen Chromatins, das während der stattgefundenen Sekretionsperiode nicht verbraucht worden ist, imprägniert weiterhin die Fibrillen bis zur folgenden Sekretionsperiode oder gibt Veranlassung zur Entstehung von Gebilden, die als Nebenkerne beschrieben wurden (Gaule, Nußbaum, Ogata). Es sind dies homogene Gebilde, die in der Färbung an den Kern erinnern und im Protoplasma einen Chromatinvorrat für künftige Sekretionsperioden darstellen.



Anders sind die Anschauungen der Anhänger einer rein protoplasmatischen Abstammung der Sekretkörnchen. In letzter Zeit schreiben Autoren den Mitochondrien eine aktive Rolle bei der Bildung des Drüsensekrets zu (Regaud, Hoven). Nach Hoven sind im Beginn des Sekretionsprozesses die Mitochondrien sehr zahlreich und stellen bei gewissen Tieren längere und dünnere, wellig verlaufende und sich kreuzende, bei anderen dagegen kürzere und dickere Fäden dar, die der Zellachse parallel liegen. Zwecks Erzeugung des Sekrets zerfallen die Mitochondrien in winzige Granulationen, die zuerst in der inneren Zellpartie auftreten. Allmählich an Größe zunehmend, ändern sie ihre histochemische Konstitution und zeigen gewöhnlich nicht mehr die Farbstoffreaktion der Mitochondrien, sondern eine ganz spezifische Färbung (in der Pankreasdrüse behalten sie die Mitochondrienfärbung). In dem Maße, wie Körnchen des Sekrets produziert werden, werden die Mitochondrien verbraucht und bleiben zuletzt in der mit Sekret beladenen Zelle nur wenige Chondriokonten und Chondriomiten als Mitochondrialreserve zurück, um zur Rekonstitution des Chondrioms der betreffenden Zelle zu dienen. Nach Ausstoßung des Sekrets wachsen die im Basalteile der Zelle erhaltenen Mitochondrien in die Länge und erfüllen wiederum die Zelle. Nach Hovens Meinung entsprechen die basalen Filamente und das Ergastoplasma einem schlecht fixierten Chondriom und entstehen aus dem Verschmelzen der Fibrillen miteinander; darin stimmt er mit Bouin, Prenant und Champy überein.

## II. Gewebe der Bindesubstanzen.

Die zweite große Gruppe von Geweben, deren Besprechung wir uns jetzt zuwenden wollen, bilden die Bindesubstanzen, Gewebe, denen vor allem die Aufgabe zufällt, andere Gewebe miteinander in größere Komplexe zu vereinigen, aus denen Organe gebildet werden. Zu dem Zwecke schiebt sich die Bindesubstanz zwischen die anderen Gewebe hinein, dringt in das Innere der Organe, indem sie in diese Fortsätze sendet, die den Zusammenhalt der einzelnen Teile der Organe bewirken. Außerdem wird fast ein jedes Organ von einer Hülle aus Bindesubstanz umgeben, wodurch die Bindesubstanz für jedes einzelne Organ eine Stütze schafft. Aber die Bindesubstanzen schließen auch die einzelnen Organe zu einem Organismus zusammen und verleihen ihm seinen Halt, sie bilden in ihrer höchsten Entwicklung, die sie in der Wirbeltiergruppe erreichen, den Grundstock und das Gerüst des ganzen Körpers, das knöcherne Skelett.

Während das Epithelgewebe, wie wir gesehen haben, aus lauter Zellen zusammengesetzt ist, kommt es bei den Bindesubstanzen zu einer mächtigen Entfaltung der Grundsubstanz, Zwischenzellen-



substanz, Interzellularsubstanz. Sie gibt einer jeden Gruppe der Bindesubstanzen ihr besonderes Gepräge, die Zellen selbst treten ihr gegenüber in den Hintergrund. Physikalische und chemische Eigenschaften dieser Grundsubstanz unterliegen bei den einzelnen Bindesubstanzen großen Schwankungen. Sie kann weich-flüssig sein, sie kann fest, aber noch schneidbar werden und sie kann schließlich fast steinhart und gänzlich unschneidbar werden.

In der Grundsubstanz kann es zur Entwicklung faseriger Elemente kommen und diese Fasern können das Bild so beherrschen, daß von der ehemaligen Grundsubstanz fast nichts mehr zu erkennen ist. In allen diesen Fällen treten die zelligen Elemente ganz in den Hintergrund, nur in ganz wenigen Bindesubstanzen spielen sie eine wirklich dominierende Rolle.

Diesem so verschiedenartigen Verhalten der Grundsubstanz gemäß können wir die Bindesubstanzen in drei große Untergruppen einteilen: 1. das Bindegewebe, 2. das Knorpelgewebe und 3. das Knochengewebe.

Bevor wir auf die Besprechung ihres Baues eingehen, mögen noch gewisse allen Bindesubstanzen eigentümliche Eigenschaften Erwähnung finden. Da wäre vor allem die große Wandlungsfähigkeit der Bindesubstanzen zu betrachten. Sie zeigt sich darin, daß ein Gewebe sich in das andere umwandeln kann. So kann Bindegewebe in Knorpelgewebe, Bindegewebe und Knorpelgewebe in Knochengewebe übergehen. Diese Umwandlung tritt ein im Laufe der Ontogenese und Phylogenese. Ein Skeletteil, der bei einer niedrig stehenden Tierklasse aus Bindegewebe sich aufbaut, kann bei einer höher stehenden aus Knorpel- oder Knochengewebe bestehen. Auch das umgekehrte Verhalten findet sich: so ist die äußere Augenhaut bei Fischen und Amphibien knorpelig, bei Vögeln knöchern und bei Säugetieren wieder bindegewebig. Das Gerüst des Kehlkopfes ist beim Menschen bis zum 40. Jahre knorpelig, dann wandelt es sich in Knochen um.

Die Bindesubstanzen entwickeln sich aus dem Mesenchym, das bei den Wirbeltieren als zellige Füllschicht sich zwischen den Keimblättern anlegt und von Zellen her stammt, die aus dem mittleren Keimblatt auswandern. Sie bilden zunächst sternförmige, verästelte Zellen, deren Ausläufer miteinander anastomosieren. Dadurch, daß diese Zellen eine homogene, schleimähnliche Zwischensubstanz um sich herum ausscheiden, bilden sie die primitivste Gruppe von Bindesubstanzen, das Gallertgewebe, welches eine Zeitlang das einzige Füll- und Bindemittel zwischen den Organen des embryonalen Körpers darstellt, sich aber auch in weiter Verbreitung im Körper niederer Metazoenklassen im erwachsenen Zustand findet. Je nach dem Orte und je nach der Aufgabe, welche die Bindesubstanz zu

erfüllen hat, differenziert sie sich nun in verschiedener Weise aus diesem Gallertgewebe. An der einen Stelle scheiden die Zellen aus ihrem Körper lange Fasern ab, die mit der Zeit in so großen Mengen gebildet werden, daß sie die Zellen fast ganz verdecken; es entsteht so das fibrilläre Bindegewebe. An anderen Stellen dagegen wird das Gallertgewebe durch fortgesetzte Zellteilung zellreicher und lagern sich die Zellen dicht aneinander. Indem die Zellen nun um sich herum Knorpelgrundsubstanz abscheiden, entsteht der Knorpel. Er findet sich im Körper des erwachsenen Menschen nur in bescheidenem Maße, dagegen spielt er die größte Rolle als Stützorgan des embryonalen Körpers. Bei niederen Wirbeltieren erhält sich dieser Zustand das ganze Leben hindurch. Bei der großen Masse der Wirbeltiere jedoch bildet sich der Knorpel, dem ja auch schon eine beträchtliche Festigkeit eigen ist, in eine noch festere Binde substanz um, den Knochen, der das Endglied in der Entwicklungsreihe der Binde substanz darstellt. Die Fähigkeit sich in Knochen umzuwandeln kommt aber nicht allein dem Knorpel, sondern auch dem Bindegewebe zu, so daß wir von einem knorpelig und einem bindegewebig präformierten Knochen sprechen können.

## 1. Das Bindegewebe.

In dieser Untergruppe unterscheiden wir noch drei Arten:

- a) das Gallertgewebe,
- b) das retikuläre Gewebe und
- c) das fibrilläre Bindegewebe.

### a) Das Gallertgewebe.

Das Gallertgewebe (embryonales Bindegewebe, Schleimgewebe) besteht aus sternförmigen, verästelten Zellen, deren Ausläufer sich miteinander verbinden, ineinander übergehen (Fig. 43). Es bildet sich so ein protoplasmatisches Netzwerk, in dessen Maschen von den Zellen eine schleimartige Masse ausgeschieden wird. Diese Grundsubstanz ist von weicher, zähflüssiger Konsistenz und strukturlos. In chemischer Beziehung enthält sie entweder echtes, durch Essigsäure fällbares Muzin oder Mukoid. Sie ist außerordentlich wasserreich.

Das Gallertgewebe findet sich bei höheren Tieren und beim Menschen in weiter Verbreitung im embryonalen Körper, aber nur in frühen Stadien der Entwicklung, in späteren Stadien finden wir es noch z. B. in der Schmelzpulpa und in der Nabelschnur. In der letzteren bildet es unter dem Namen der Whartonschen Sulze

die Umhüllung der Nabelgefäße. Doch schon im zweiten Monat des Embryonallebens beginnt beim Menschen auch in der Nabelschnur

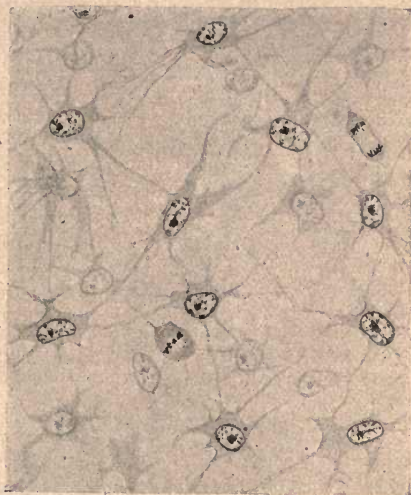


Fig. 43.

Darcz

Embryonales Bindegewebe aus der subkutanen Schicht der Haut eines  $3\frac{1}{2}$  Tage alten Hühnerembryos.

Ca. 640 mal vergrößert. Man sieht zwei karyokinetische Figuren.

das Gallertgewebe dadurch, daß die Zellen Fasern ausscheiden, sich in fibrilläres Bindegewebe umzuwandeln.

### b) Das retikuläre Gewebe.

Das retikuläre Gewebe steht dem Gallertgewebe am nächsten. Wie dieses, besteht auch es aus einem Netzwerk anastomosierender Zellen, nur kommt es nicht zur Ausscheidung einer Grundsubstanz (Fig. 44). In dem retikulären Gewebe kommt es konstant zur Bildung von Bindegewebsfasern. Sie sind ein Produkt der Zellen; man findet sie daher innerhalb oberflächlicher Partien der Zellen und deren Ausläufer, ringsherum vom Protoplasma umschlossen. Sie sind bei jüngeren Individuen feiner wie bei älteren und netzförmig angeordnet. Was die Natur dieser Fasern anbelangt, so nehmen sie nach Morjachin in Betreff ihrer Eigenschaften eine Mittelstellung zwischen den kollagenen und den elastischen Fasern ein (siehe fibrilläres Bindegewebe).



Das retikuläre Gewebe findet sich an den verschiedensten Stellen des menschlichen Körpers, nie aber tritt es allein auf, sondern stets

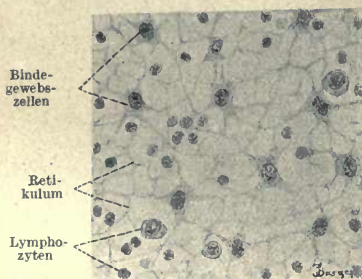


Fig. 44.

Retikuläres Bindegewebe aus einer Lymphdrüse der Katze.

Pinselfpräparat. Vergrößerung ca. 430 mal.

als Gerüst für die Lymphkörperchen, die dichtgedrängt in seinen Maschen liegen und die man erst aus dünnen Schnitten mechanisch (durch Pinseln oder Schütteln) entfernen muß, um das Retikulum zu Gesicht zu bekommen. Wir bezeichnen ein solches mit Lymphkörperchen vollgepfropft retikuläres Gewebe auch als lymphoides, adenoides oder lymphadenoides Gewebe. Es findet sich in den Lymphknoten, der Thymus, der Milz, den Mandeln und den Follikeln des

Darmkanals. Was das retikuläre Gewebe der Thymus anbelangt, so sei hervorgehoben, daß es epithelialen (entodermalen) Ursprungs ist.

In chemischer Hinsicht nimmt das retikuläre Gewebe eine gewisse Sonderstellung unter den anderen Bindegewebsarten ein. Es enthält nämlich eine sich abweichend verhaltende, Retikulin genannte Substanz (Mall, Siegfried), die Reagenzien und der Verdauung gegenüber widerstandsfähiger sich erweist als das fibrilläre Bindegewebe und beim Kochen keinen Leim gibt.

### c) Das fibrilläre Bindegewebe.

Wenn es auch bei den beiden eben genannten Arten des Bindegewebes normalerweise schon immer zur Ausbildung von Fasern kommt, so treten jedoch dieselben nie so sehr in den Vordergrund, wie bei dem nun zu besprechenden fibrillären Bindegewebe. Hier bildet die in Form von Fasern abgeschiedene Interzellularsubstanz den Hauptbestandteil des Gewebes, ihr gegenüber treten Zellen stark zurück.

Interzellulärsubstanz (Grundsubstanz). Die Interzellulärsubstanz findet sich im Bindegewebe in Form zweier Faserarten, der Bindegewebsfasern und elastischen Fasern, ausgeschieden, die sich in verschiedenen Richtungen durchflechten und sich physikalisch, chemisch und morphologisch wesentlich voneinander unterscheiden. Zwischen den Fasern ist eine nur spärlich vorhandene weiche, homogene, formlose Interfibrillärsubstanz gelegen, die gegenüber den eben

erwähnten faserigen Interzellulärbildungen im Präparat kaum in Erscheinung tritt.

a) Bindegewebsfasern. Die Bindegewebsfasern oder Bindegewebsfibrillen sind äußerst feine,  $0,6-1\ \mu$  dicke, gleichartige unverzweigte Fäserchen, die sich immer zu Bündeln zusammenlegen. Letztere sind dünner oder dicker und lassen in ihrer Substanz meist eine sehr deutliche Längsstreifung als Ausdruck ihrer Zusammensetzung aus feinsten Fäserchen erkennen. Diese Fibrillen werden miteinander durch eine strukturlose eiweiß- oder schleimartige Interfibrillarsubstanz zu Bindegewebsbündeln verkittet. Die Bündel können gerade, geschlängelt oder wellig verlaufen, sich kreuzen und können sich im Gegensatz zu den Fäserchen selbst, die niemals eine Verzweigung zeigen, verzweigen.



Fig. 45.

Lockeres fibrilläres Bindegewebe aus der Subkutis der Ratte.

Ca. 300 mal vergrößert.

Interessant und nicht ganz aufgeklärt ist das Verhalten der Bündel der Bindegewebsfasern solchen Reagenzien gegenüber, die wie z. B. Essigsäure, sie aufquellen lassen. Es unterliegt nämlich das Bündel nicht in seinem ganzen Verlaufe einer gleichmäßigen Aufquellung, sondern zeigt stellenweise Einschnürungen. Das Zustandekommen der letzteren wird von den Forschern auf verschiedene Art erklärt, und wird von den einen elastischen Fasern, welche die Bindegewebsbündel rings umwinden sollen, von anderen den Fortsätzen der Bindegewebszellen zugeschrieben, von denen die Bündel umschnürt werden — wieder andere nehmen das Vorhandensein einer zarten strukturlosen Scheide rings um die Bündel an, die wegen der Quellung der Fibrillen zerreißt, jene Stellen jedoch ausgenommen, wo widerstandsfähigere Verstärkungsfäserchen vorkommen, welche eine stärkere Aufquellung verhindern.

Optisch erweisen sich die Bindegewebsfasern als doppelt brechend, sie sind positiv einachsigt.

Chemisch zeigen die Bindegewebsfasern wichtige Eigenschaften. In kaltem Wasser quellen sie etwas auf, in kochendem Wasser schrumpfen sie stark zusammen und bei längerem Erhitzen in gespanntem Dampf lösen sie sich völlig. Behandelt man fibrilläres Bindegewebe mit verdünnten Säuren, wie Essigsäure, Zitronensäure, Salzsäure, Salpetersäure, so erleiden die Bindegewebsfasern eine ganz enorme Quellung, legen sich prall aneinander und bilden in ihrer Gesamtheit eine durchsichtige, gequollene Masse, die weder einzelne Bündel, noch einzelne Fasern erkennen läßt, weil ihre Umrisse gänz-



Fig. 46.

Bindegewebsfibrillen aus einer Sehne der Maus mit Pikrinsäure behandelt und mit Nadeln zerzupft.

Ca. 800 mal vergrößert.

lich verwischt werden. Erwärmt man solches in Säuren gequollenes Bindegewebe, so löst es sich und verwandelt sich in Leim, Glutin. Man bezeichnet deshalb die Bindegewebsfasern auch als leimgebende, kollagene Fasern und ihren Hauptbestandteil als Kollagen. Kollagen und Glutini zeigen bei gleicher chemischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften. Die Bindegewebsfasern werden ferner vom Magensaft verdaut, ebenso auch vom Pankreassaft, vom letzteren aber nur nach vorherigem Aufquellen in verdünnter Säure. Mit Alkalien behandelt quellen sie ebenfalls, zerfallen aber dann in einzelne Fibrillen. Es löst nämlich das Alkali die die Fibrillen verbindende Substanz (Interfibrillarsubstanz); am besten bedient man sich zu diesem Zweck des Kalk- oder Barytwassers (Fig. 46).



b) Elastische Fasern. Die Bindegewebsfasern bilden die Hauptmasse des gewöhnlichen fibrillären Bindegewebes, neben ihnen findet sich aber nun an einem Orte mehr, an andern weniger reichlich eine zweite Art von Fasern, die wir als elastische Fasern bezeichnen (Fig. 45, Fig. 50 Elf). Sie können dicker oder dünner sein, liegen jedoch immer einzeln, ohne je, wie die Bindegewebsfasern, Bündel zu bilden. Sie verlaufen meist geschlängelt, peitschenschnurartig, verzweigen sich dichotomisch und können mit ihren Verzweigungen anastomosieren.

Die elastischen Fasern zeichnen sich durch bedeutende Elastizität und starkes Lichtbrechungsvermögen aus, das ihnen einen hohen Glanz verleiht. Im Polarisationsmikroskop zeigt die elastische Faser eine wesentlich geringere Anisotropie als die Bindegewebsfaser.

Chemisch besitzt die elastische Faser resp. ihr Hauptbestandteil, das Elastin, eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegen lösende Agenzien. Weder kaltes noch kochendes Wasser unter gewöhnlichen Verhältnissen, weder verdünnte Säuren noch verdünnte Alkalien vermögen sie zu ändern. Beim anhaltenden Erhitzen unter Druck lösen sich die elastischen Fasern, wobei ihr Elastin in Proto- und Deuteroelastose gespalten wird, liefern jedoch keinen Leim. Da sich die elastischen Fasern häufig von dem sie an Masse beträchtlich überragenden Bindegewebsfasern im mikroskopischen Präparat nur schwer unterscheiden lassen, so bildet ihr Verhalten gegen verdünnte Säuren ein willkommenes Mittel zu ihrer Erkennung. Setzt man einem solchen Präparat einige Tropfen verdünnter Essigsäure zu, so quellen die Bindegewebsfasern stark auf, werden durchsichtig und es treten nun die unveränderten glänzenden elastischen Fasern aus dieser gequollenen Masse außerordentlich scharf hervor. Von Magensaft wird das Elastin nur sehr langsam, rascher von Pankreassaft gelöst.

Zwischen den Elementen der Interzellulärsubstanz findet sich, an den verschiedenen Orten in verschiedener Mächtigkeit, ein System von miteinander kommunizierenden Spalten und Lücken, das Saft-

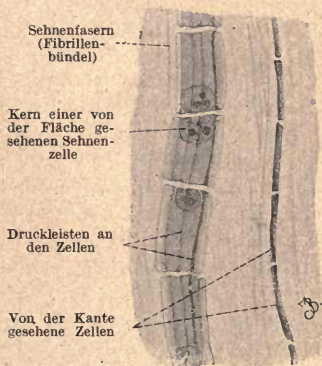


Fig. 47.

Ein Stückchen Sehne vom Schwanz einer weißen Maus.

Zwischen den Bindegewebsfibrillenbündeln sind Zellen reihenweise gelagert, von denen einige von der Fläche, andere dagegen von der Kante zu sehen sind. Ca. 400 mal vergrößert.

lückensystem, das zur Ernährung des Bindegewebes dient und mit Lymphe gefüllt ist. In diesen Lücken liegen die Bindegewebszellen.

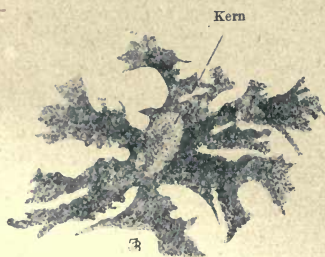


Fig. 48.

Pigmentzelle aus der Haut eines neugeborenen Salamander.

Ca. 200 mal vergrößert.

Zellen des Bindegewebes. Wenn auch die Zellen in dem gewöhnlichen Bindegewebe gegenüber den Fasern stark in den Hintergrund treten, so finden sie sich doch in erheblicher Menge und zeigen recht charakteristische Formen. Man kann im Bindegewebe sechs verschiedene Arten von Zellen unterscheiden: a) Fibroblasten, b) Mastzellen, c) Klastozyten, d) Lymphozyten, e) Plasmazellen und f) eosinophile Zellen.

a) Fibroblasten (Fig. 45, Fig. 46, Fig. 50 fb). Dies sind die

eigentlichen Bindegewebszellen, denen allein die Fähigkeit, faserige Interzellularsubstanz zu erzeugen, zukommt, große Zellen, welche sich allenthalben zwischen den Fasern zerstreut finden und sich dadurch auszeichnen, daß ihr Körper sehr dünn, platt ist und zahlreiche,

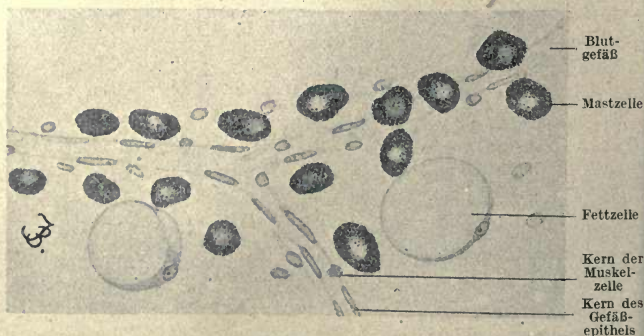


Fig. 49.

Aus dem subkutanen Bindegewebe der Ratte.

Längs der Gefäße finden sich Mastzellen und zwei Fettzellen. Ca. 540 mal vergrößert.

lappige, kiel- oder segelartige Fortsätze aussendet, welche sich den Bindegewebsfasern dicht anlegen. In seitlicher Ansicht erscheinen sie spindelförmig. Der Kern ist groß, oval, infolge spärlichen, regelmäßig verteilten Chromatins, blaß und umschließt deutliche Nukleolen. Im Zellkörper finden sich Plastosomen und manchmal kleine Fett-



tröpfchen. Form und Anordnung der Fibroblasten wechselt außerordentlich mit der größeren oder geringeren Dichtigkeit und der Anordnung der Bindegewebsfasern. So können sie im lockeren Bindegewebe in ganzen Haufen zusammenliegen, im geformten Bindegewebe sich zu Zellreihen, Zellstreifen oder -säulen nebeneinander gruppieren (Fig. 47).

Die Fibroblasten können in ihrem Körper Pigmente enthalten, wir bezeichnen sie dann als pigmentierte Bindegewebszellen oder Pigmentzellen (Fig. 48), sie können Fett in großen Massen in sich aufspeichern und zu Fettzellen werden.

b) Mastzellen (Fig. 49 und 50 Mz). Wir verstehen unter dieser von Ehrlich eingeführten Bezeichnung große, rundliche, ovale oder längliche Zellen, die als charakteristischen Bestandteil in ihrem Zellkörper massenhaft Körnchen enthalten, welche ein eigenartiges Verhalten gegen basische Teerfarbstoffe zeigen. Die Körnchen der Mastzellen sind schwer zu konservieren, da sie in Wasser und wässrigen Lösungen mehr oder weniger löslich sind, sie färben sich in frischem Zustand lebhaft mit Neutralrot, im fixierten Präparat färben sie sich mit gewissen blauen, basischen Farbstoffen (Thionin, Toluidinblau) intensiv rot. Wir bezeichnen das als eine metachromatische Färbung. Ihr oft von den Körnern verdeckter Kern ist rund oder oval, hell, nach der Färbung bleibt er ebenfalls blässer als die Kerne der anderen Zellarten. Die Mastzellen finden sich überall im Bindegewebe, entweder zerstreut oder in Gruppen, am reichlichsten in der Nähe der Gefäße, die sie oft, wie z. B. im Mesenterium, auf weite Strecken flankieren und in der Umgebung der Fettläppchen. Ihre größte Ausbildung erlangen sie im Bindegewebe von Maus und Ratte. Ehrlich war ursprünglich der Ansicht, daß diese Zellen bei erhöhter Nahrungszufuhr eine höhere Ausbildung erfahren und gab ihnen deshalb den Namen „Mastzellen“, doch hat diese Ansicht späteren Forschungen nicht standgehalten, die ergeben haben, daß sich die Mastzellen auch beim hungernden und winterschlafenden Tier in gleicher Ausbildung finden (Ballowitz). Eine nicht unwichtige, physiologische Rolle scheinen allerdings diese Zellen für den Körper zu spielen, dafür spricht ihr konstantes Vorkommen, dafür spricht auch ihr Verhalten bei den pathologischen Prozessen der Entzündung und Eiterung (Maximow).

Die Tatsache, daß bei manchen Tieren im Innern des Kerns gröbere oder feinere Partikelchen vorhanden sind, die wie die Granula auch eine metachromatische Färbung annehmen (Ehrlich und Lazarus), läßt vermuten, daß die Granulasubstanz im Kern gebildet und dann ins Protoplasma ausgeschieden wird (Maximow). Dieser Forscher spricht sogar die Annahme aus, daß die Mastzellen Drüsenfunktion verrichten, indem sie eine in ihrem Protoplasma aus-



gearbeitete, näher nicht bekannte Substanz an die umgebenden Gewebe abgeben.

Außer im Bindegewebe kommen Mastzellen auch im Blute vor, als eine besondere Art von Leukozyten. Sie sind hauptsächlich im Verhalten des Kerns verschieden, welcher bei den Mastzellen des Blutes die Form eines zusammengeknickten Schlauches von unregelmäßiger Dicke, oft auch mit sehr tiefen Einschnürungen zeigt. Das Verhältnis der Mastzellen des Bindegewebes (histogene Mastzellen) zu denen des Blutes (hämatogene Mastzellen) ist nicht aufgeklärt. Vielleicht können diese zwei Zellarten sich gegenseitig substituieren, da bei Tieren mit spärlichen Mastzellen im Bindegewebe (Kaninchen) zahlreiche Mastzellen im Blute erscheinen und umgekehrt (Ratte, Maus, Katze).

c) Klastomatozyten (Fig. 50 Kl). Diese von Ranvier entdeckte Zellform bildet ebenfalls einen konstanten Bestandteil des Bindegewebes. Es sind dies meist lang ausgezogene, oft sehr polymorphe, scharf begrenzte Zellen, die nicht selten mehrere zipfelförmige Ausläufer besitzen. Der Zellkörper enthält gewöhnlich in der Nähe des Kernes glänzende, gelbliche Körnchen, die aber keine metachromatische Färbung mit basischen Farbstoffen geben. Die Kerne sind unregelmäßig, kleiner und dunkler als in den Fibroblasten. Die Klastomatozyten finden sich allenthalben im Bindegewebe in Gesellschaft der Fibroblasten, gewöhnlich aber in der Nachbarschaft der Blutgefäße und der Fettablappen. Nach Ranvier sollten diese Zellen bei Amphibien eine Art von Drüsen darstellen, indem sich Stücke der Zellausläufer abschnüren und sich in der Gewebsflüssigkeit auflösen (Klastomatose). Es hat sich aber herausgestellt, daß die von Ranvier bei den Amphibien beschriebenen Zellen gar keine Klastomatozyten, sondern Mastzellen sind. Da nach neueren Forschungen die Klastomatozyten sessil gewordene, modifizierte Wanderzellen sind, so schlägt Maximow für sie den Namen ruhende Wanderzellen vor.

d) Lymphozyten, Wanderzellen (Fig. 50 Wz), finden sich allenthalben im Bindegewebe und erhalten fortwährend Zuzug durch zellige Elemente des Blutes und der Lymphe, welche aus den Gefäßen heraus und in das Bindegewebe eintreten; am reichlichsten treten sie in der Umgebung der Gefäße, zwischen den Fettzellen und in den serösen Membranen, besonders im Netz, auf. Ihre Form ist ebenso wechselnd wie ihre Größe, doch erreichen sie nie die Größe der früher beschriebenen Zellarten. Den Wanderzellen kommt in ausgedehntem Maße die Fähigkeit der amöboiden Bewegung zu. Sie können auf ihrer Wanderung durch die Bindegewebsspalten die verschiedenartigsten Stoffe in ihrem Körper aufnehmen und verarbeiten; so können sie von außen her in den Körper eingedrungene

Schädlinge, wie Bakterien, aufnehmen und unschädlich machen (Phagozyten) (Fig. 50 Plt). Sie spielen infolgedessen bei pathologischen Prozessen eine außerordentlich wichtige Rolle. Nicht nur durch das Bindegewebe wandern sie durch, sondern sie treten auch in Epithelien und gelangen, zwischen den Epithelzellen sich durchzwängend, schließlich auf die innere oder äußere Oberfläche des Körpers.

e) Plasmazellen (Fig. 50 Plz). Diese von Unna zuerst beschriebene Zellart findet sich im normalen Bindegewebe nur recht selten, häufiger kommt sie in den blutbildenden Organen vor. Dies sind meist rundliche oder polygonale Zellen von sehr verschiedener Größe; ihr netzmaschiges Protoplasma enthält keine Körnchen, zeigt aber, und das ist für sie charakteristisch, eine starke Verwandtschaft zu manchen basischen Teerfarbstoffen, wie Methylenblau. Im Innern des Zellkörpers bleibt immer eine Stelle schwächer gefärbt, sie beherbergt mehrere Zentralkörperchen. Es scheint aber, daß unter normalen Bedingungen die Zentralkörperchen in den Plasmazellen in Diplosomenform auftreten. Am häufigsten finden sie sich im Netz des Kaninchens. Sehr wichtig ist ihre Rolle bei pathologischen Prozessen, hier entwickeln sie sich aus ausgewanderten Lymphozyten.

f) Eosinophile Zellen (Fig. 50 Eos). Sie finden sich unter normalen Verhältnissen nur sehr selten und stellen aus der Blutbahn ausgewanderte eosinophile Leukozyten dar, welche das Bewegungsvermögen eingebüßt haben und im Bindegewebe sich festsetzen. Der zum Untergange bestimmte Teil derselben unterliegt einer Degeneration. Meist rundliche, mittelgroße Zellen mit polymorphem, ringförmigem, wurstförmigem Kern. Um den Kern herum liegen zahlreiche feinere oder gröbere Körnchen, welche eine besondere Verwandtschaft zu sauren Teerfarben, wie Eosin, zeigen.

Diese so verschiedenartigen Zellen des Bindegewebes stammen in letzter Linie alle von den Zellen des Mesenchyms ab. Ursprünglich sind alle Zellen des Mesenchyms auf dem Stadium des früher beschriebenen Gallertgewebes gleichartig und fix. Eine Sonderung tritt beim Kaninchen erst am 12. Tage ein, und zwar vornehmlich in der Umgebung der Gefäße. Hier verliert ein Teil der Mesenchymzellen ihre Sternform und wandelt sich zu runden Wanderzellen, histogenen Wanderzellen um. Wir haben nun im Mesenchym zwei Arten von Zellen; den einen kommt die Aufgabe zu, die typische Interzellulärsubstanz des späteren Bindegewebes, die kollagenen und elastischen Fasern, zu bilden, wir bezeichnen sie fortan als Fibroblasten, die anderen, die histogenen Wanderzellen, liefern den größten Teil der übrigen zelligen Bestandteile (Maximow).

Während nun die Fibroblasten ihren einmal angenommenen Charakter das ganze Leben über beibehalten, erleiden die histogenen

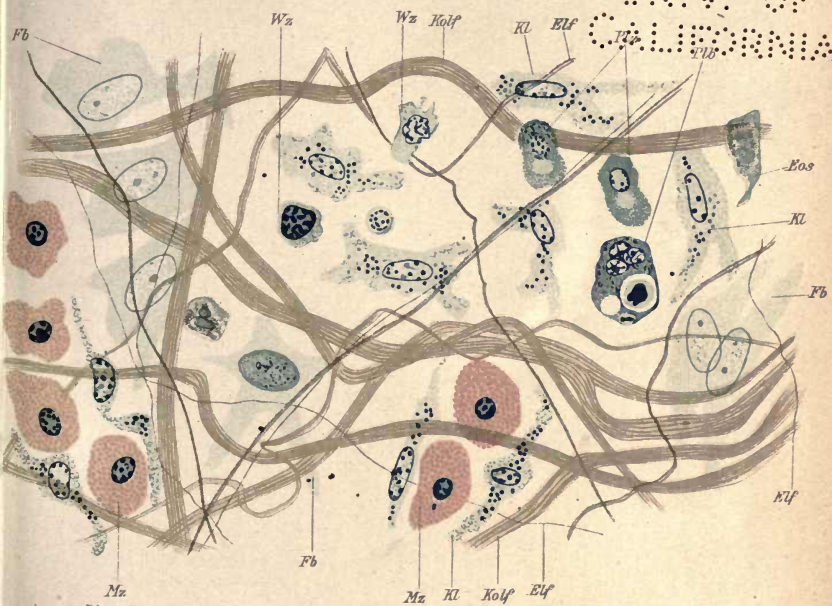


Wanderzellen wichtige Veränderungen. Unter starker Wucherung verwandeln sie sich nach und nach zu Lymphozyten, zu Zellen, die den Lymphozyten der Gefäße, den hämatogenen Lymphozyten völlig gleichen. Ein Teil derselben wird sessil, vergrößert sich und wird zu Klasmatozyten, ein anderer Teil bildet spezifische Granulationen aus und stellt die Mastzellen dar, ein dritter endlich wandelt sich in Plasmazellen um. Die eosinophilen Zellen stammen sämtlich aus der Blutbahn, sie sind emigrierte Leukozyten.

Die Bildung der kollagenen und elastischen Fasern aus den Fibroblasten ist lange Zeit ein heiß umstrittenes Gebiet der Histogenese gewesen. Noch gegenwärtig stehen diesbezüglich zwei Ansichten — eines extra- bzw. intrazellulären Ursprungs der Fasern — einander gegenüber. Nach der einen Anschauung soll von den Zellen zunächst eine kolloidale Grundsubstanz ausgeschieden werden, in der sich dann unabhängig vom Zellkörper infolge orientierter Zug- und Druckspannung bestimmt geordnete Fibrillen ausbilden (Virchow, Kölliker, von Ebner, Merkel), die andere Ansicht dagegen läßt die Fibrillen in der äußersten Schicht des Zellprotoplasmas gebildet werden (Lwoff, Flemming, Reincke, Spuler, Maximow, Livini, v. Korff, Meves, Frederikse). Die drei letztgenannten Autoren weisen nach, daß an der Bildung der Bindegewebsfibrille die in den Zellen zahlreich auftretenden Mitochondrien direkt teilnehmen, daß die Bindegewebsfasern ganz einfach funktionell differenzierte Chondriokonten sind. Heute dürfen wir mit einiger Bestimmtheit die letztere Anschauung als die zutreffende bezeichnen. Nach Meves nehmen die anfangs im Innern des Zytoplasmas gelegenen Chondriokonten in der Folge eine epizellulare Lage ein, wobei sie ihre chemische Beschaffenheit so ändern, daß sie sich bei Anwendung von Mitochondrienfärbung nicht färben. An der Bildung einer Fibrille sind mehrere Zellen beteiligt, deren jede einen Fibrillenabschnitt liefert. Die einzelnen Abschnitte verbinden sich untereinander. Nachdem die Fibrillen abermals ihre chemische Beschaffenheit ändern und sich nun wie Kollagen färben, befreien sie sich von den Zellen und kommen zwischen dieselben zu liegen. Frederikse beobachtete an seinen Präparaten sogar einen direkten Übergang von Mitochondrien in Bindegewebsfibrillen. Die Bindegewebsfibrillen werden also innerhalb des Körpers der Fibroblasten gebildet und dadurch frei, daß sich das Zellprotoplasma von ihnen zurückzieht. Ebenso ist die Entstehung der elastischen Fasern eine umstrittene Sache. Die einen behaupten, sie entstünden in der Grundsubstanz (Gerber, Schwalbe, v. Ebner, Henneguy), von anderen (O. Hertwig, Bubnoff, Gardner, Spuler, Spalteholz) wird angegeben, daß die erste Anlage der elastischen Fasern innerhalb des Zellprotoplasmas in Form von feinen Körnchen zustande

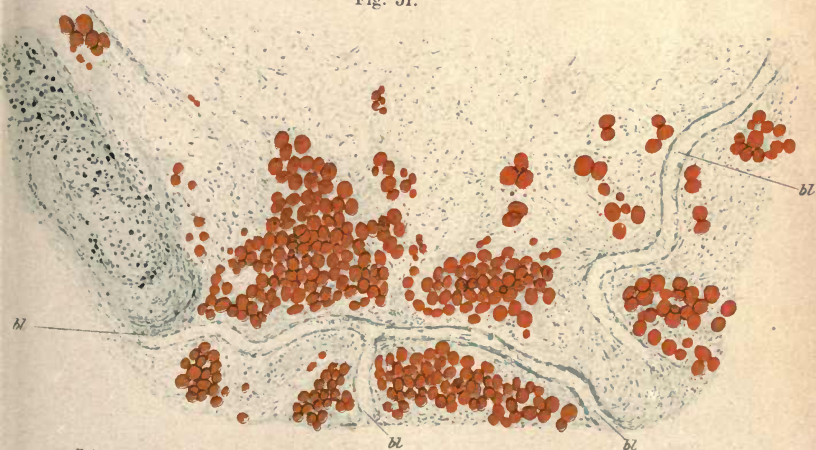


Fig. 50.



Die Zellformen des lockeren Bindegewebes (nach Maximow). Färbung mit Methylenblau.  
(Erklärung im Text.) Ca. 1000 mal vergrößert.

Fig. 51.



Fettgewebe aus dem Mesenterium des Kaninchens. Färbung mit Hämalaun und Sudan III.  
Das Fett ist rot gefärbt, bl Blutgefäße. Ca 50 mal vergrößert.

UNIV. OF  
CALIFORNIA



kommt, die sich aneinander legen und zwecks Bildung von feinen Fasern miteinander verschmelzen. Manche Forscher (Kuschow, Retterer) sprechen sich dahin aus, daß an der Bildung der elastischen Fasern die Zellkerne teilnehmen. Unentschieden bleibt, ob die elastischen Fasern und die Bindegewebsfasern von besonderen Zellen (Elastoblasten resp. Fibroblasten) gebildet werden, oder ob die Fibroblasten die Fähigkeit besitzen, auch die elastischen Fasern zu bilden.

Je nach der verschiedenen Ausbildung und Anordnung der fibrillären Substanz und je nach der besonderen Entwicklungsrichtung, welche die Fibroblasten nehmen, können wir folgende Untergruppen des Bindegewebes unterscheiden.

1. Das lockere (formlose, interstitielle) Bindegewebe (Fig. 45 und 50). In ihm bilden die Bindegewebsfasern ein lockeres Geflecht, durchsetzt von dünnen, an der einen Stelle spärlicher, an der anderen reichlicher entwickelten elastischen Fasern. Im lockeren Bindegewebe kommen alle die früher erwähnten Zellarten vor. Dieses bildet eine lockere Füllmasse im Innern der Muskeln (Perimysium internum), im Innern der verschiedensten Drüsen, zwischen Haut und Muskulatur (subkutanes Bindegewebe) und an vielen anderen Stellen.

2. Das geformte Bindegewebe. Die Formen, unter denen dieses Gewebe auftreten kann, sind außerordentlich variabel, sie alle haben aber das Gemeinsame, daß die Bindegewebsbündel dichter gelagert und gesetzmäßig gerichtet sind unter dem Einfluß mechanischer Ursachen (Druck- und Zugwirkung). Damit kommt auch in die Anordnung der zelligen Elemente, die hier fast ausschließlich zur Gruppe der Fibroblasten zählen, eine unverkennbare Gesetzmäßigkeit, sie ordnen sich schichten- oder reihenweise an. So laufen z. B. alle Bindegewebsfasern innerhalb der Sehnen parallel (Fig. 46) und dicht gedrängt nebeneinander, die Zellen bilden zwischen den Faserbündeln Längsreihen (Fig. 47). Eine Zelle reiht sich unmittelbar an die andere, sie füllt den minimalen Raum, der zwischen den benachbarten Bündeln liegt, mit ihrem dünnen Körper aus und sendet von letzterem flügelartige Fortsätze aus, die die Faserbündel einhüllen. Längs der Zellreihen treten zwei oder drei parallele Reihen von dunkleren Streifen auf, welche nichts anderes sind als Leisten, die an der Zelloberfläche in Form von Rippchen verlaufen. Sie verdanken ihre Entstehung dem Drucke seitens benachbarter Bündel, zwischen die sich die Zellen einschieben. An anderen Stellen dagegen, z. B. in der Hornhaut, weisen die Bindegewebsfasern eine exquisit lamelläre Anordnung auf, deshalb sind auch die Zellen auf dem Querschnitt des Organs in parallelen Reihen angeordnet und finden ihre Hauptausdehnung in einer Ebene. Solches geformte



Bindegewebe bildet die Faszien, die Aponeurosen, das Perimysium externum, die Sehnen und Bänder, die Hornhaut und die Sklera, die serösen und Schleimhäute und die Lederhaut.

3. Das elastische Gewebe. Übertrifft in einem Gewebe die Zahl der elastischen Fasern die der Bindegewebsfasern um ein Bedeutendes, so sprechen wir von einem elastischen Gewebe. Die elastische Substanz kann nicht nur in Form von Fasern, sondern auch in Form von Netzen, Häuten und Platten auftreten. Es kann dieses Gewebe besondere Organe bilden, als deren Beispiel das Nackenband erwähnt sei (Fig. 52). Hier erreichen die elastischen Fasern eine recht bedeutende Dicke, liegen dicht zusammen, nur von geringen Mengen kollagenen Gewebes getrennt. Den Fasern dicht an liegen

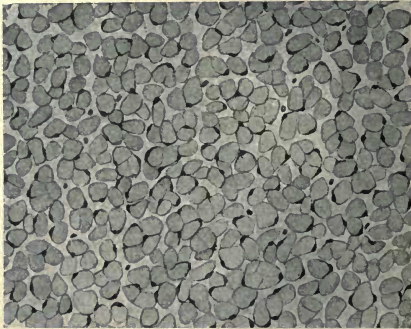


Fig. 52.

Querschnitt durch das Ligamentum nuchae des Ochsen.

Ca. 200 mal vergrößert.

Zellen mit dünnem, häutigem Protoplasmaleib, der die elastischen Fasern wahrscheinlich mit einem kontinuierlichen Protoplasmaüberzug umgibt. In der Wand der Blutgefäße findet sich das elastische Gewebe in reicher Entfaltung; hier bildet es Netze, welche eine solche Verbreitung der Fasern und dementsprechende Verringerung der Maschenweiten zeigen, daß elastische durchlöchernte Häute, sog. Membranae fenestratae entstehen. Auch an dem Aufbau mancher anderen Organe, z. B. der Atmungsorgane, nimmt das elastische Gewebe einen hervorragenden Anteil.

4. Das Fettgewebe. Das Fettgewebe kann an bestimmten Stellen eine massenhafte Entwicklung erreichen und besitzt in diesen Fällen seine eigenen Anlagen. Es bestehen nämlich gewisse konstante Ausgangspunkte für die Entwicklung des Fettgewebes, sog. Primitivorgane der Fettläppchen (Köl liker) oder Fettkeim-

lager (Toldt), wie wir sie in der Nierengegend, im Mesenterium, in den Ansatzstellen der Extremitäten (Achselhöhle und Inguinalgegend), im Hals, im subkutanen Gewebe (Panniculus adiposus) vorfinden. In anderen Fällen wieder trifft man Fettzellen, die in kleineren, mehr zufälligen Ansammlungen oder sogar vereinzelt im lockeren Bindegewebe zerstreut liegen.

Es bestehen zwei verschiedene Anschauungen über die Stellung des Fettgewebes. Nach der einen ist das Fett nichts anderes als eine Abart von fibrillärem Bindegewebe (Flemming), die andere sieht in ihm eine besondere Gewebsart (Kölliker, Toldt), die sich aus spezifischen Fettgewebszellen (Toldt) oder Fettbildungszellen (Steato-

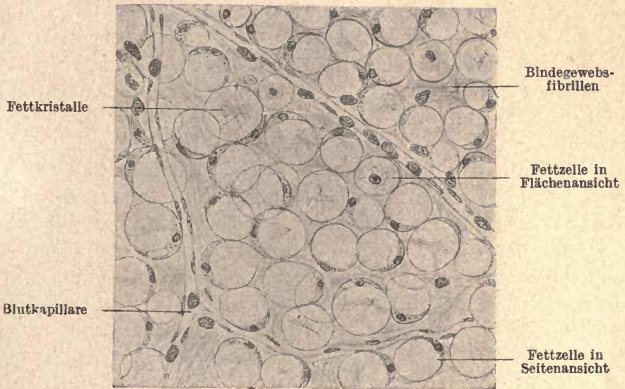


Fig. 53.

Fettgewebe aus der subkutanen Schicht der Haut einer weißen Maus.

Ca. 200 mal vergrößert.

blasten) (Schaffer) entwickelt. Die Anhänger der ersten Theorie schreiben einem jeden Fibroblasten die Fähigkeit zu, in seinem Körper Fett zu erzeugen und anzusammeln und behaupten, daß jene angeblich spezifische Fettgewebszellen der anderen Autoren aus fixen Bindegewebszellen (Fibroblasten) hervorgehen (Flemming, Hammar, Berg), indem die letzteren ihren Charakter verlieren, und zwar ihren sternförmigen Körper abrunden und die faserbildende Tätigkeit einstellen. Wo es zur massenhaften Entwicklung von Fett in den Zellen kommen soll, wird der Prozeß durch reichliche Vaskularisierung eingeleitet. Zellen, die in ihrem Körper Fett produzieren, sind protoplasmareich, von großer, annähernd kugelförmiger Form und entbehren anfangs einer Zellmembran. Schon in den frühesten Lebensperioden

erzeugen sie in ihrem feingranulierten Protoplasma, die ersten kleinen Fetttröpfchen, die rasch an Zahl zunehmen, sich vergrößern und bald zu großen, oft bis  $130\ \mu$  messenden, Tropfen konfluieren. Dabei entwickelt sich durch Verdichtung des Zytoplasmas an der Zelloberfläche eine Zellmembran und das ursprüngliche Zellprotoplasma wird mit- samt dem Kern immer mehr an die Zellperipherie verdrängt, bis es schließlich als schmaler, kernhaltiger Saum den großen Fettropfen allseitig umhüllt und in sog. Siegelringform auftritt (Fig. 49 und 53).

Solche Zellen häufen sich zu kleinen Gruppen, zu sog. Fettläppchen oder Fettträubchen (Fig. 51), welche durch die spärlichen von Fibroblasten gebildeten kollagenen Fasern zusammengehalten und umhüllt werden. Zwischen den Fettzellen finden sich in geringer Menge Wanderzellen, in der Umgebung der Fettläppchen dagegen Mastzellen und Klasmatozyten. Die Fettgewebsläppchen sind außerordentlich reich vaskularisiert. Ein jedes Fettläppchen besitzt ein selbständiges, völlig abgeschlossenes Blutgefäßsystem, eine Arterie tritt ein, zerfällt in ein dichtes Kapillarnetz, das dann in zwei Venen übergeht.

Eine wichtige Rolle bei der Fetterzeugung wurde von vielen Seiten den in jungen Fettzellen enthaltenen Granulis zugeschrieben (Metzner, Altmann). Die neuesten Untersuchungen haben dargestellt, daß dabei die Mitochondrien aktiv beteiligt sind. Dubreuil fand nämlich, daß zuerst in der Mitte der Mitochondrien unter Größenzunahme derselben ein lipoides Kügelchen auftritt, welches auf Kosten der Mitochondrialsubstanz zunimmt und dieselbe zuletzt gänzlich ersetzt; in dieser Weise werden die Mitochondrien in lipoiden Tröpfchen umgewandelt, die dann zu Fettropfen werden. Dubreuil schreibt den Mitochondrien die Fähigkeit zu, lipoiden Stoffe auszuwählen und in ihrem Innern zu deponieren. Anderer Meinung ist Schreiner. Nach ihm werden die Fettvakuolen aus den Granulis gebildet, die aber nicht mit den Plastosomen von Meves identisch sind, sondern von den Kernbestandteilen, und zwar von der Nukleolarsubstanz herrühren. Nach Verbrauch der Granula während der Fettbildung wandert die Nukleolarsubstanz aus dem Kern ins Zytoplasma aus.

Chemisch besteht das tierische Fett aus Estern des Glycerins mit Fettsäuren, nämlich der Stearinsäure, der Palmitinsäure und der Ölsäure. Daneben sind dieselben Fettsäuren in freiem Zustande in geringer Quantität beigemischt. Das Fett ist unlöslich in Wasser und kaltem Alkohol, löslich in Äther, Benzol und Chloroform. Läßt man Fett an der Luft liegen, so tritt eine Zersetzung ein; es spaltet sich in Glycerin und freie Fettsäure, die dann zu unangenehm ranzig riechenden Körpern weiter oxydiert wird. Die freie Säure, besonders ein Gemisch von Stearin- und Palmitinsäure, kristallisiert dabei in langen, dünnen Kristallnadeln aus. Diese sog. Margarinkristalle können



auch innerhalb der Fettzellen im abgestorbenen Gewebe auftreten (Fig. 51 und 53).

Wichtig für den mikroskopischen Nachweis des Fettes ist sein Verhalten zum Osmiumtetroxyd, der sog. Osmiumsäure. Bringt man frisches Fettgewebe in eine 0,5—1%ige Lösung derselben, so färben sich die Fetttropfen zunächst hellbraun, dann dunkelbraun und schließlich tiefschwarz. Es wird nämlich dem Fett der Osmiumsäure der Sauerstoff völlig entzogen, sie wird zu metallischem Osmium reduziert, welches sich in dem Fett in fein verteilter Form niederschlägt. Doch ist diese Eigenschaft nicht spezifisch für Fett; sie kommt, wie Altmann gezeigt hat, ebenfalls dem Olein zu und außerdem gibt es auch noch andere Bestandteile des tierischen Organismus, z. B. gewisse Drüsengranulationen, die die gleiche Reduktionskraft besitzen. Spezifisch reagiert auf das Fett auch ein Pflanzenfarbstoff Alkannin, das in den Wurzeln von Alkanna (*Anchusa tinctoria*) enthalten und in Alkohol, Äther und fetten Ölen löslich ist. Alkoholextrakt von der Wurzel der Alkanna verleiht dem Fett eine intensiv rote Farbe.

Charakteristisch für das Fett ist ferner dessen Verhalten zu einer kleinen Gruppe von Teerfarbstoffen, die man als indifferente Farbstoffe bezeichnen kann. Hierher gehören Sudan III., Scharlach R (Fettponceau) und Biebricher Scharlach. Sie färben in alkoholischer Lösung das Fett intensiv rot, während sie alles übrige ungefärbt lassen (Fig. 45).

Die Aufspeicherung von Fett im Zelleib ist keine spezifische Eigenschaft der Fettzellen und Fibroblasten, sondern ganz allgemein verbreitet; so können die Epithelzellen der verschiedensten Drüsen, die Zylinderzellen des Darms, Knorpelzellen, Leberzellen erhebliche Mengen von Fett enthalten.

Das im Organismus sich findende Fett rührt zum allergrößten Teil aus der aufgenommenen Nahrung her, ist Nahrungsfett. Es wird im Darmkanal resorbiert, auf dem Wege des allgemeinen Blutstroms den einzelnen Organen zugeführt und hier entweder verbraucht oder deponiert. So schafft sich der Organismus bei Zuführung fettreicher Nahrung in dem Fettgewebe, besonders in dem Fettpolster der Unterhaut einen mächtigen Vorrat an Nahrungsmaterial, ein mächtiges Kraftdepot, welches dann bei weniger zureichender Nahrung mit der Zeit aufgebraucht wird. Ein sehr instruktives Beispiel dafür bilden die sog. Winterschlafdrüsen. Sie stellen weiter nichts als ein während des Sommers stark entwickeltes Fettgewebe dar, welches während der nahrungslosen Zeit des Winterschlafes wieder aufgebraucht wird.

Ob außer diesem Nahrungsfett auch noch Fett aus anderen Nahrungsstoffen innerhalb des tierischen Organismus gebildet wird, ist eine der heiß umstrittensten Fragen der Physiologie. Mit einiger

Sicherheit dürfen wir, wie schon Liebig nachzuweisen versucht hat, eine Bildung von Fett aus Kohlehydraten annehmen, eine Entstehung von Fett aus Eiweiß wird von einer Gruppe von Physiologen behauptet (Pettenkofer, Voit), von einer anderen entschieden bestritten (Pflüger).

Beim Fettverbrauch verschwinden bei jungen Tieren die Fetttropfen aus den Zellen und die letzteren nehmen wieder das Aussehen der ursprünglichen Fibroblasten an. Nach Poljakow sollen dabei die feinsten Fetttropfchen, in welche die großen Tropfen sich zerspalten, von den überall zwischen den Fettzellen sich findenden Wanderzellen aufgenommen und durch ihren Körper hindurch den Blutkapillaren zugeführt werden, die den Weitertransport übernehmen. Bei älteren Tieren dagegen vermögen die Fettzellen sich nicht mehr in Fibroblasten zurückzubilden. Mit dem Schwunde des Fettes werden sie kleiner, sie atrophieren und das früher zu einer peripheren Schicht zusammengedrückte Protoplasma durchsetzt nun strahlig den Zellkörper. Innerhalb der Protoplasmascheiden sammelt sich eine schleimige Flüssigkeit an; man hat den Prozeß nicht besonders zutreffend als seröse Atrophie des Fettgewebes bezeichnet.

Es kann aber auch, wie Flemming gezeigt hat, während des Fettschwundes zu einer Proliferation des Kernes kommen, so daß innerhalb des Fettzellenkörpers zahlreiche Kerne sich bilden. Jeder dieser Kerne kann einen kleinen Zellkörper um sich bilden, so daß wir nun innerhalb der alten Fettzelle eine Anzahl junger Zellen gebildet sehen. In diesem Prozeß sah Flemming eine Verjüngung der atrophierten Fettzelle und beschrieb ihn als Wucherungsatrophie.

Streng zu scheiden von der Aufnahme des Fettes durch die Zellen, von der Fettinfiltration ist die Fettdegeneration oder Fettmetamorphose. Hier wird innerhalb des Zellkörpers Fett in Form kleinster, nicht konfluierender Tröpfchen gebildet. Man hat früher die Bildung des Fettes in der Milchdrüse allgemein als einen solchen Prozeß aufgefaßt. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß es sich auch hier nur um Nahrungsfett handelt. Wenn wir also unter normalen Umständen nur von einer Fettinfiltration sprechen dürfen, so kommt die Fettdegeneration nur unter pathologischen Verhältnissen vor; doch haben die Untersuchungen der neuesten Zeit auch hier eine Bildung von Fett aus Eiweiß recht fraglich erscheinen lassen.

5. Das pigmentierte Bindegewebe. Ganz ähnlich wie die verschiedensten Zellen in ihrem Körper Einlagerung von Fett zeigen können, so können sie auch Pigment aufnehmen. Wir sprechen dann von einem pigmentierten Bindegewebe, wenn alle oder zahlreiche Fibroblasten eines lockeren oder geformten Bindegewebes Pigment

in ihrem Zellkörper zeigen. Daß die sessilen Fibroblasten unter Umständen mobil, zu Wanderzellen werden können, ist schon früher erwähnt worden; vor allem gilt dies von den pigmentierten Fibroblasten, denen eine nicht unerhebliche Bewegungsfähigkeit zukommt.

In dem pigmentierten Bindegewebe können sich neben den zelligen Elementen des Bindegewebes auch dessen Fibrillen finden, und zwar in größerer oder geringerer Ausdehnung; so enthält z. B. die Grundsicht der Regenbogenhaut neben verästelten pigmentierten Fibroblasten nur relativ wenig kollagene und elastische Fasern (Fig. 54), die Tunica vasculosa der mittleren Augenhaut dagegen außerordentlich zahlreiche elastische Fasern. Bei farbigen Menschenrassen ist auch die Kutis ein pigmentiertes Bindegewebe. Es finden sich in



Fig. 54.

Pigmentgewebe aus der Iris des Schimpansen.

Ca. 300 mal vergrößert.

ihr verästelte Pigmentzellen überall zerstreut, vor allem aber dicht unter der Epidermis. Sie senden ihre Fortsätze zwischen die tiefsten Zellschichten der letzteren hinein und dürften wahrscheinlich den Transport des Pigmentes zu jenen Zellen hin besorgen.

Eine ungleich viel größere Verbreitung als beim Menschen erlangt das pigmentierte Bindegewebe bei niederen Wirbeltieren. Hier bilden die Pigmentzellen der Haut große stern- oder baumförmige Gebilde (Fig. 42) mit oft lappigen, weit verzweigten Fortsätzen. Körper und Fortsätze sind mit feinen Pigmentkörnchen völlig erfüllt. Unter dem Einfluß von äußeren oder inneren Reizen kann das Pigment aus den Fortsätzen in den Zellkörper zurückströmen und sich hier in einen Klumpen zusammenballen. Auf dieser Eigenschaft beruht der Farbwechsel, den viele Tiere (Frosch, Chamäleon, Cephalopoden) unter dem Einfluß des Lichtes oder psychischer Affekte



erleiden. Man hat auch besondere Nervenfasern nachgewiesen, welche an diesen Zellen endigen (Leydig, Ballowitz, Eberth und Bunge).

Das Pigment tritt innerhalb der Zellen in Form von kleinen Körnchen, Stäbchen, Nadelchen auf. Chemisch faßt man diese Pigmente unter dem Namen der Melanine zusammen. Sie sind in den meisten Solvenzien unlöslich und werden durch Chlor und Sauerstoff in statu nascendi und durch schweflige Säure gebleicht. Sie sind zum Teil schwefelhaltig, zum Teil schwefelfrei; manche von ihnen enthalten Eisen, was auf ihre Herkunft vom Blutfarbstoff hinweist.

## 2. Das Knorpelgewebe.

Das Knorpelgewebe unterscheidet sich von den bis jetzt besprochenen Bidesubstanzen vor allem durch die härtere Konsistenz seiner Grundsubstanz (Interzellulärsubstanz), die die letztere bestimmten chemischen Verbindungen verdankt. Die Knorpelgrundsubstanz verleiht dem Knorpel seine wichtigste Eigenschaft, seine Festigkeit, gepaart mit weitgehender Biegsamkeit. Die Grundsubstanz, die im Knorpel stärker oder schwächer entwickelt sein kann, wird von kollagenen, bzw. von elastischen Fasern durchsetzt. Ohne spezifische Reagenzien sind die ersten im mikroskopischen Bild manchmal nicht zu sehen, ein anderes Mal wieder läßt sich die Interzellulärsubstanz des Knorpels von der Grundsubstanz des fibrillären Bindegewebes mikroskopisch kaum unterscheiden.

Nach den Untersuchungen von Mörner besteht die Knorpelgrundsubstanz aus Chondromukoid, Chondroitinschwefelsäure und Albumoid. Das erstere ist in Wasser unlöslich, löslich in verdünntem Alkali, aus welcher Lösung es durch Essigsäure, ähnlich wie Muzin, ausgefällt wird. Die Chondroitinschwefelsäure ist dagegen in Wasser leicht löslich, sie bildet zusammen mit dem Chondromukoid um die Knorpelzellen herum die sog. Chondrinballen, welche wieder in den Maschen eines aus Albumoid bestehenden Netzwerkes liegen. Dieses selbst ist ein dem Keratin und Elastin verwandter Eiweißkörper. Die Gegenwart der kollagenen Fasern in der Grundsubstanz bringt es mit sich, daß der Knorpel beim Kochen Leim gibt. Man hat diesen Knorpelleim, das Chondrin früher als eine besondere Leimart dem Glutin, dem Bindegewebsleim entgegengestellt. Heute wissen wir, daß der Knorpelleim weiter nichts ist als eine Mischung von Glutin, Albumoid, Chondroitinschwefelsäure und den beim Kochen entstehenden Zersetzungsprodukten des Chondromukoids.

Der Knorpel besteht also, gleich jedem anderen Bindegewebe, aus Zellen und der Grund- oder Interzellulärsubstanz, welche Bündel von kollagenen, bzw. elastischen Fasern inmitten einer einheitlichen Substanz zerstreut enthält. Die Knorpelgrundsubstanz wird also von zweierlei Elementen gebildet: den Fibrillen und der einheitlichen

Substanz, die zwischen den Fäden liegt und den Fäden gegenüber interfibrillär und interfaszikulär ist.

Je nach der Natur und der Anordnung der Fasern, welche die Grundsubstanz des Knorpels durchsetzen, können wir drei Knorpelarten unterscheiden: 1. den hyalinen Knorpel, 2. den Faserknorpel, 3. den elastischen Knorpel.

### 1. Der hyaline Knorpel.

Der hyaline Knorpel bildet auf der Höhe seiner Entwicklung einen bläulichweißen, mattglänzenden Körper, der in dünneren Schnitten durchscheinend bis durchsichtig ist. Er findet sich beim Embryo in weiter Verbreitung als Stütze des Körpers und Vorläufer des knöchernen Skelettes, postembryonal treffen wir ihn als Überzug der zu Gelenken, Synchronosen und Symphysen verbundenen Knochen-



Fig. 55.

Hyaliner Knorpel.

Aus einem Schnitte durch die Cartilago thyroidea der Katze. Ca. 190 mal vergrößert.

enden, als Stützgerüst des Kehlkopfs (mit gewissen Ausnahmen), der Trachea und Bronchen, als knorpeliges Gerüst der Nase, in den Rippenknorpeln, an Stellen, wo Sehnen in Knochenrinnen laufen (Sulcus m. peronaei ossis cuboidei, Sulcus hamuli pterygoidei). Überknorpelt ist auch der Ausschnitt zwischen Spina ischiadica und Tuber ischiadicum, die Incisura ischiadica minor.

Der hyaline Knorpel besteht aus einer hyalinen durchsichtigen Grundsubstanz, samt den in sie eingelagerten, nicht ohne weiteres erkennbaren kollagenen Fibrillen und aus den Knorpelzellen. Wenden wir uns zunächst zur Besprechung der letzteren.

Die Knorpelzellen (Fig. 55) sind kleine bis mittelgroße 3—30  $\mu$ ), rundliche oder ovale Zellen, welche selten einzeln, häufiger in Gruppen von zwei und mehreren zusammenlagern. Die Aneinanderlagerung kann eine so dichte werden, daß sie die Zellform beeinflußt. Es können so semmelförmige, kugelsegmentartige, keilförmige Zellen entstehen (Fig. 55). In den oberflächlichen Schichten des Knorpels

sind die Zellen gewöhnlich kleiner, mehr abgeplattet und in Reihen angeordnet, welche zur Knorpeloberfläche parallel laufen. In der Mitte des Knorpels werden sie dagegen größer, ihre Form mehr rundlich. Sternförmige, verzweigte und mit ihren Ausläufern anastomosierende Knorpelzellen kommen bei höheren Wirbeltieren nur im Embryonalleben und in pathologischen Knorpelneubildungen vor; in den niedersten Wirbeltierklassen (Selachier) und bei Wirbellosen (Cephalopoden) bilden sie ein häufigeres Vorkommen.

Das Protoplasma der Knorpelzelle zeigt faserigen Bau. Die Fäden sind meistens um den Kern dichter angeordnet und haben einen gewundenen Verlauf (Fig. 3). Sie entsprechen der Flemmingschen Filarmasse und den Mevesschen Chondriokonten. Im Protoplasma erscheint häufig Fett in Form von feinen Tröpfchen, Glykogen in kleinen Schollen, seltener Pigment in feinen Körnchen.

Der Kern ist rund, bläschenförmig mit deutlichem Kerngerüst und scharf abgesetzter Kernmembran. Er enthält ein oder mehrere Nukleolen. Meist findet sich in der Knorpelzelle nur ein Kern, seltener zwei. Die Knorpelzellen enthalten einen schön entwickelten Netzapparat, der manchmal den Kern einschließt (Bergen, Pensa). Auch Zentriolen sind durch van der Stricht in der Knorpelzelle nachgewiesen worden. Die Vermehrung der Zellen erfolgt meist durch mitotische Teilung, Amitose scheint nur selten vorzukommen.

Die Grundsubstanz ist in frischem, jungem Knorpel vollkommen hyalin, durchsichtig, homogen und anscheinend strukturlos. Sie enthält der Form der Knorpelzellen entsprechende Höhlen, Knorpelhöhlen, in denen die Zellen liegen und die die letzteren vollkommen ausfüllen. Die Knorpelzelle ist gegen Reagenzien sehr empfindlich, sie schrumpft leicht, nicht selten zu einem unscheinbaren, zackig verzogenen Klümpchen zusammen, welches nunmehr seine Knorpelhöhle nur sehr unvollkommen ausfüllt. Es kann auch vorkommen, zumal bei feinen Schnitten, daß die Knorpelhöhlen ganz leer erscheinen, dann sind die Zellen durch das Messer aus ihnen herausgerissen worden (Fig. 55).

Die Grundsubstanz des Hyalinknorpels, obzwar im frischen Zustande anscheinend strukturlos, weist doch in ihrem Bau gewisse Differenzierungen und Einzelheiten auf, die besonders nach Behandlung mit bestimmten Reagenzien und bei entsprechenden Färbungsmethoden zutage treten. Es zeigt nämlich die Partie der Grundsubstanz, die die Knorpelhöhlen unmittelbar in dünner Schicht umgibt, Eigenschaften, welche sie von dem Rest der Grundsubstanz einigermaßen unterscheiden. Sie ist stärker lichtbrechend, dadurch auch glänzender, besitzt eine intensivere Färbbarkeit mit bestimmten Farbstoffen, erscheint den Reagenzien gegenüber widerstandsfähiger und läßt sich deswegen durch chemische Mittel (Mazeration in dünner



Salzsäure) isolieren, so daß man sogar von besonderen Knorpelkapseln gesprochen hat (Fig. 55). Unter diesen die Zellen umgebenden Knorpelkapseln darf man jedoch nicht eine morphologische Individualität, sondern bloß den etwas abgesetzten Teil der Grundsubstanz verstehen.

Charakteristisch ist das Verhalten der Grundsubstanz des Hyalinknorpels Reagenzien gegenüber. Diese besitzt wenigstens im jungen Knorpel in allen ihren Teilen eine starke Verwandtschaft zu basischen Farbstoffen, sie ist basophil. Es muß diese Eigenschaft auf die Anwesenheit der Chondroitinschwefelsäure zurückgeführt werden. Färbt man die Knorpelschnitte mit einer passenden Mischung eines blauen basischen und eines roten sauren Farbstoffs (z. B. Methylenblau und Säurefuchsin), so erhält man in der blaugefärbten Grundsubstanz rotgefärbte Partien. Die rote Färbung dominiert in den peripheren Knorpelpartien und von hier aus ziehen sich rote Streifen zwischen den Knorpelkapseln durch die blaugefärbte Grundsubstanz. Diese azidophile oder oxyphile Rotfärbung rührt her von dem Gehalt der Knorpelgrundsubstanz an kollagenen Fibrillen (Hansen). Da wo die Grundsubstanz im Verhältnis zu den kollagenen Fibrillen überwiegt, erhalten wir eine rein basophile (blaue) Färbung, das Kollagen wird maskiert (Hansen). Dort, wo dagegen der Gehalt an kollagenen Fasern steigt, vermag er auch das Färbungsergebnis zu beeinflussen und erhalten wir dann eine azidophile (rote) Färbung (unmaskiertes Kollagen, Hansen).

Die Fibrillen können innerhalb der Grundsubstanz auch durch Behandlung des Knorpels mit übermangansaurem Kali, 10%iger Kochsalzlösung, Baryt- und Kalkwasser, durch Verdauung in Pankreassaft (Tillmanns, Baber) nachgewiesen werden. Daß man unter normalen Verhältnissen die Fibrillen innerhalb der Grundsubstanz nicht erkennt, rührt daher, daß Fibrillen und deren Substrat (die interfibrilläre und interfaszikuläre Substanz) dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen. Indem die oben erwähnten Reagenzien entweder bei den Fibrillen oder dem Substrat derselben dieses Vermögen ändern, lassen sie die Fibrillen hervortreten. Sie sind den Bindegewebsfibrillen ganz ähnlich. Ihnen verdankt auch der Knorpel seine wichtigste optische Eigenschaft, seine Anisotropie. Die Fibrillen verlaufen in den oberflächlichen Knorpelschichten parallel, in der Tiefe meist senkrecht zur Oberfläche. Sie bilden meistens einen mehr oder weniger dichten Filz. Um die Knorpelzellen herum schließen sie sich zu bogenförmigen Zügen zusammen.

Man kann in vorhinein annehmen, daß der Stoffwechsel im Knorpel sehr träge vor sich geht, weil die Grundsubstanz bei höheren Tieren nur ausnahmsweise vaskularisiert ist und keine sichtbaren, vorgebildeten Saftbahnen besitzt, in welchen die Ernährungsäfte

zirkulieren könnten. Bei niederen Tieren bestehen zwar in der Grundsubstanz ohne weitere Behandlung sichtbare Kanälchen, welche die einzelnen Knorpelhöhlen miteinander verbinden und gleichzeitig eine lebhaftere Zirkulation der Ernährungsflüssigkeit ermöglichen, doch sehen wir bei höheren Tieren, wenigstens im normalen Zustande, keine besonderen Einrichtungen zur Weiterleitung der Ernährungssäfte. Erst mit Hilfe gewisser Präparationsmethoden haben einige Autoren (Spina, Budge, Wolters, Srdinko) Saftbahnen in Form von Kanälchen, welche bündelweise von einer Knorpelhöhle zur anderen verlaufen, nachgewiesen. Da diese Methoden jedoch zum großen Teile sehr grob sind (die stark schrumpfende Einwirkung von starkem Alkohol und Äther), sind diese Kanälchen eher als Kunstprodukte zu betrachten. Wir haben es wahrscheinlich bei diesen Methoden mit Schrumpfererscheinungen zu tun, die das Entstehen der angeblichen Saftkanälchen bewirken.

Die Tatsache, daß dem Tierkörper einverleibte Farbstoffe in der Grundsubstanz nachgewiesen werden können, beweist zwar, daß innerhalb der Grundsubstanz eine Saftströmung stattfindet, nicht aber, daß dieselbe durch präformierte Kanäle erfolgt. Die Ernährungssäfte gelangen aller Wahrscheinlichkeit nach durch Imbibition aus den Gefäßen zwischen den kollagenen Fibrillen durch die leicht durchdringliche, zähweiche, interfibrilläre Substanz hindurch in das Innere des Knorpels.

Äußerlich wird der Knorpel umhüllt von einer Schicht geformten Bindegewebes, welche wir als Perichondrium bezeichnen. Seine Bindegewebsbündeln sind dicht gefügt, vielfach verflochten und durchkreuzt. Es besitzt Blutgefäße, die zur Ernährung des Knorpels dienen. Das Perichondrium vermag auch neuen Knorpel zu bilden, indem seine Fibroblasten eine einheitliche Substanz um sich abscheiden, die die Bindegewebsbündel durchtränkt und mit diesen gemeinsam die interzelluläre Knorpelgrundsubstanz bildet, während die Fibroblasten selbst zu Knorpelzellen werden.

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Knorpelgewebes liefert, wie sonst für alle Bindesubstanzen, das Mesenchymgewebe. Über die erste Anlage des Knorpelgewebes herrscht jedoch unter den Forschern ziemlich große Meinungsverschiedenheit. Die einen behaupten nämlich, daß sich der Knorpel aus sternförmigen Zellen des embryonalen Bindegewebes entwickelt, die sich dann vergrößern und ihre Anordnung ändernd definitiv in Knorpelzellen umbilden (Studnička); die anderen wieder sehen die erste Knorpelanlage in einem zusammenhängenden protoplasmatischen, für mehrere Kerne gemeinsamen Komplex und beschreiben diese als eine symplastische, synzytiale, in einzelne Zellen nicht differenzierte, kernreiche Masse (Straßer, Retterer, Schaffer).

Es blieb jedoch unaufgeklärt, ob diese kernreiche Masse das Resultat der Verschmelzung von einzelnen Mesenchymzellen bildet oder die Folge ist von mehrfacher Teilung der Kerne bei gleichzeitig nicht zustande gekommenen Teilungen der Zellkörper spezieller Mesenchymzellen.

Zwischen diesen aneinandergereihten Zellen, bzw. zwischen den in der plasmatischen Masse gelegenen Kernen tritt die Interzellularsubstanz, die azidophil und stark lichtbrechend ist, in Form von feinen Linien auf. Diese sog. „prochondrale“ (vorknorpelige) Grundsubstanz ist nach Studnička kein Ausscheidungsprodukt der Zellen, sondern peripheres, umgewandeltes, verdichtetes Protoplasma (Exoplasma), das sich vom übrigen Protoplasma (Endoplasma) schärfer differenziert. Die prochondrale Grundsubstanz nimmt an Masse zu und erzeugt Scheidewände zwischen den Zellen in Form eines zusammenhängenden Wabenwerkes. Diese prochondrale Grundsubstanz bildet während der Chondrogenese bloß ein Übergangsstadium, denn bald verändert sie ihre chemischen Eigenschaften und wandelt sich in basophile, „protochondrale“ Grundsubstanz um. Inzwischen liefert die Knorpelzelle neue azidophile, prochondrale Grundsubstanz um sich herum, welche die Zelle in Form von einer dünnen Kapsel umgibt und dieselbe von der basophilen, protochondralen Grundsubstanz trennt. Die letztere verändert nochmals ihren chemischen Charakter, verliert nämlich ihre Basophilie und geht endlich in die sog. „metachondrale“ Grundsubstanz (Schaffer), d. h. in die definitive Knorpelgrundsubstanz über. Gleichzeitig wird die neugebildete in Form von Zellkapseln auftretende azidophile Grundsubstanz basophil, d. h. sie geht in protochondrale Substanz über. Gleichzeitig mit der Grundsubstanz bilden sich aber auch kollagene Fibrillen, die in die erstere zu liegen kommen. Die Knorpelzellen vermehren sich durch indirekte Teilung. Es entstehen so innerhalb einer jeden Knorpelhöhle zwei Tochterzellen, welche von einer gemeinsamen Kapsel umschlossen werden. Nun scheidet jede der Tochterzellen Grundsubstanz in ihrer Peripherie aus, wodurch sie sich voneinander entfernen. Erfolgt nun eine zweite Teilung, so haben wir vier Enkelzellen, durch spärliche Knorpelgrundsubstanz voneinander getrennt, in der ursprünglichen Knorpelkapsel liegen. Sie können weiter in einer gemeinsamen Kapsel zusammen liegen bleiben oder durch Resorption der letzteren und Ausscheidung von neuer Grundsubstanz auseinander rücken, sich voneinander trennen.

Dieses Wachstum des Knorpels bezeichnen wir als interstitielles Wachstum im Gegensatz zum appositionellen Wachstum, das, wie früher ausgeführt wurde, vom Perichondrium ausgeht. Die erste Art scheint sich hauptsächlich auf junges Knorpelgewebe zu beschränken.



Im Alter unterliegt der Knorpel hauptsächlich drei Veränderungen: der Asbestveränderung, der Verkalkung und der Verknöcherung.

Die Asbestveränderung, welche schon mit freiem Auge erkennbar ist, da die von ihr getroffene Stelle einen asbestartigen Glanz zeigt, beginnt gewöhnlich im Innern des Knorpels damit, daß innerhalb der Grundsubstanz eine parallele Faserung auftritt (Asbestfibrillen). Diese Veränderung beginnt in der Grundsubstanz in einiger Entfernung von der Knorpelkapsel, geht sodann auf die unmittelbare Nachbarschaft dieser letzteren über, welche mit der Zeit auch Veränderungen erleidet und zugrunde geht, und breitet sich langsam

über immer größere Partien des Knorpels aus. Die Asbestfibrillen müssen chemisch veränderte kollagene Fasern sein, denn sie verlieren die Quellbarkeit in Essigsäure; in verdünnter Natronlauge und kochendem Wasser lösen sie sich. Die Asbestveränderung führt schließlich zur völligen Erweichung und Höhlenbildung des Knorpels.

Die Verkalkung des Knorpels besteht in einer Ablagerung von Kalksalzen (phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk) in der Knorpelgrundsubstanz; sie beginnt in der unmittelbaren Nähe der Zellen und schreitet langsam in der Grundsubstanz fort. Solche Ablagerungen erscheinen bei auf-

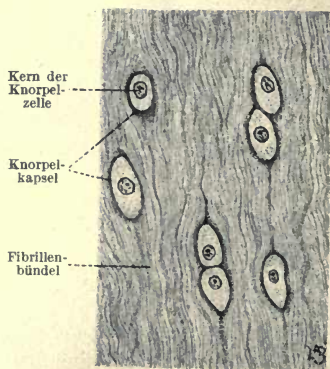


Fig. 56.

Faserknorpel aus dem Ligamentum teres femoris des Hundes.

Ca. 570 mal vergrößert.

fallendem Lichte weiß, im durchfallenden dagegen dunkel. Dieselben lösen sich in Salzsäure, wobei Kohlensäurebläschen entstehen. Dieser Veränderung unterliegen vor allem die Kehlkopf-, Tracheal- und Rippenknorpeln, welche dadurch undurchsichtiger, härter und spröder werden.

Die Verknöcherung beginnt mit dem Einwachsen von Blutgefäßen in den Knorpel; ihre Details sollen später bei der Knochenentwicklung behandelt werden. Sie verwandelt den Knorpel in den Knochen.

## 2. Der Faserknorpel.

Wenn die kollagenen Fasern in der Knorpelgrundsubstanz massenhaft auftreten und im mikroskopischen Bild schon ohne spezielle Reagenzien zu erkennen sind, ja dasselbe völlig beherrschen, so sprechen

wir von einem Faserknorpel oder Bindegewebsknorpel. Diese Knorpelart findet sich nur an wenigen Stellen des menschlichen Körpers, so in den Fibrocartilagine intervertebrales, in der Symphysis ossium pubis, in den Cartilagine interarticulares und an der Insertionsstelle des Ligamentum teres femoris.

Das mikroskopische Bild (Fig. 56) zeigt uns dichtgedrängte Bündel kollagener Fasern, die in eine schwach entwickelte und schwer zu erkennende einheitliche Substanz eingebettet sind. Am leichtesten erkennt man letztere noch in der unmittelbaren Nähe der Knorpelzellen, die sie kapselartig umhüllt. Die Zellen sind viel spärlicher vorhanden, wie im hyalinen Knorpel und zeigen keine besonders bemerkenswerten Eigenschaften.

### 3. Der elastische Knorpel.

Der elastische Knorpel oder Netzknorpel unterscheidet sich von den beiden vorigen sehr wesentlich dadurch, daß sich in

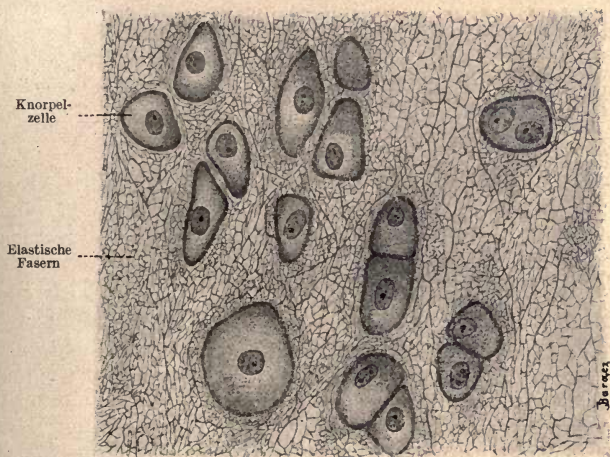


Fig. 57.

Elastischer Knorpel aus der Ohrmuschel des Menschen.

Ca. 570 mal vergrößert.

seiner Grundsubstanz neben kollagenen Fasern auch elastische Fasern finden. Auch er zeigt nur eine geringe Verbreitung im menschlichen Körper. Er findet sich in den den Aditus laryngis umrahmenden Kehlkopfknorpeln: Cartilago epiglottica, Cartilagine corniculatae, Cartilagine cuneiformes und Processus vocales der Cartilagine ary-

tenoideae, er findet sich außerdem noch in der Ohrmuschel, dem äußeren Gehörgang, der Tuba Eustachii und den Cartilagine sesamoideae.

Die Grundsubstanz des elastischen Knorpels unterscheidet sich bloß dadurch von der Grundsubstanz des hyalinen Knorpels, daß sie ein in charakteristischer Weise verteiltes, mehr oder weniger dichtes Netz elastischer Fasern in sich enthält (Fig. 57). Die Fasern sind gewöhnlich in den Randpartien am dünnsten und gehen hier in die elastischen Fasern des Perichondriums kontinuierlich über. Nach der Mitte zu kann sich das Netzwerk bis zu einem Filz verdichten. Übrigens können die Fasern an verschiedenen Stellen bei demselben Tier und an derselben Stelle bei verschiedenen Tieren von sehr ungleicher Dicke sein. So finden sich in dem Ohrknorpel des Menschen sehr feine, in dem des Pferdes sehr grobe elastische Fasern.

Die Knorpelzellen zeigen keine Unterschiede von den Zellen des Hyalinknorpels, auch sie füllen ihre Knorpelhöhlen völlig aus und sind wie diese in der Peripherie platter, in der Mitte des Knorpels rundlicher. Meist liegen sie in Gruppen von zwei und drei zusammen (Fig. 57).

Auch der elastische Knorpel kann im Alter verkalken, jedoch seltener als der Hyalinknorpel.

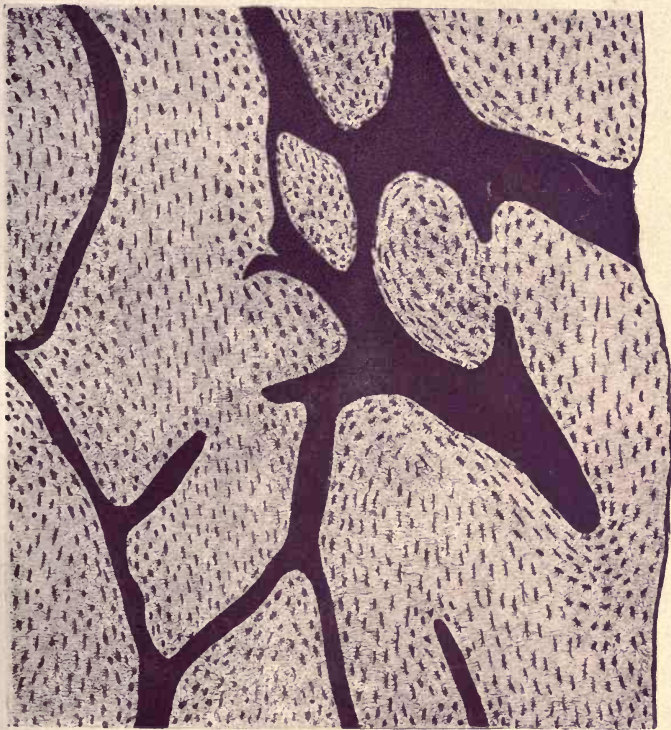
### 3. Das Knochengewebe.

Das Knochengewebe ist die härteste und festeste aller Binde-Substanzen und neben dem Schmelz der Zähne das härteste Gewebe des menschlichen Körpers. Diese Eigenschaften machen aber das Knochengewebe auch zu einem der wichtigsten Gewebe des menschlichen Körpers, denn es verleiht dem Körper der höheren Tiere Halt und Festigkeit und bildet gleichzeitig um lebenswichtige Teile desselben feste, schützende Hüllen.

Wie alle Binde-Substanzen zeichnet sich auch der Knochen durch eine reichlich entwickelte Interzellular- oder Grundsubstanz aus, der er seine hervorragenden Eigenschaften verdankt. Ihre Härte verdankt die Interzellularsubstanz ihren mineralischen Bestandteilen. Im wesentlichen sind es Kalziumphosphat (83—88% der Asche) und Kalziumkarbonat (10%), welche die Knochen-erde zusammensetzen. Man erhält die letztere, die die Summe der anorganischen Bestandteile darstellt, als weiße spröde bröckelige Masse von der ursprünglichen Form des Knochens, wenn man letzteren vorsichtig glüht.

Die Kalksalze sind enthalten in dem organischen Teil der Grundsubstanz, den man für sich erhalten kann, wenn man dem Knochen seine anorganischen Bestandteile entzieht, ihn also entkalkt. Dies wird am leichtesten dadurch erreicht, daß man den mazerierten





*J. Baracz.*

Fig. 58.

Aus einem Längsschliffe durch die Diaphyse eines Röhrenknochens (Ulna) des Menschen.

Ca. 90 mal vergrößert. Alle Kanäle und Knochenhöhlen sind mit Farbstoff ausgefüllt. Die Haversschen Kanäle sind längs durchschnitten.



Knochen mit einer verdünnten Säure, z. B. 5—10%iger Salpetersäure oder Salzsäure behandelt. Es werden dann die anorganischen Bestandteile gelöst und die organische Grundsubstanz bleibt zurück. Dabei verliert der Knochen nichts an Form und Dimension, nur seine Starrheit und ein Teil seiner Festigkeit geht verloren, er wird biegsam, elastisch und nähert sich in seinem physikalischen Verhalten dem Knorpel; deshalb nennen wir auch den entkalkten Rest des Knochens Knochenknorpel oder Ossein.

Die Interzellulärsubstanz des Knochens liefert ebenso wie die des Knorpels beim Kochen Leim; dieser ist ebenso wie das Chondrin ein verunreinigtes Glutin und seine Bildung ist hier wie dort bedingt durch die Anwesenheit kollagener Fasern in der Grundsubstanz. Außer dem Kollagen enthält die letztere, ganz ähnlich wie die Knorpelgrundsubstanz ein Mukoid und ein Albumoid, das Osseomukoid und das Osseoalbumoid.

Die Knochengrundsubstanz besitzt ungefähr 30—50% organische Bestandteile und 14—44% Wasser, was von der Art des Knochens und dem Alter des Tieres abhängt; mit dem Alter nehmen nämlich die mineralischen Bestandteile zu auf Kosten der beiden vorigen. Unter pathologischen Verhältnissen (Rachitis und Osteomalazie) kann sich in der Knochengrundsubstanz ein abnorm geringer Gehalt an Mineralbestandteilen finden und Weichheit, Verbiegungen und Verkrümmungen des Knochens bedingen.

Nach dem Gefüge können wir kompakte, dicht gefügte und spongiöse, schwammig gefügte Knochen unterscheiden. Beide finden sich fast immer in den einzelnen Knochen miteinander vergesellschaftet; in welcher Weise das im einzelnen Fall geschieht, lehrt die deskriptive Anatomie. So besteht die Diaphyse der langen Knochen, die Rinde der kurzen und platten Knochen aus kompakter Knochensubstanz, die Epiphysen der langen Knochen dagegen und die Mittelpartien der kurzen und platten Knochen aus spongiöser Substanz.

Das anschaulichste Bild des Knochenbaues liefern uns dünne durch gut mazerierte Knochen geführte Sägeschnitte, welche dann beiderseits bis zu Papierdünne abgeschliffen werden. Betrachten wir solch einen Dünnschliff durch kompakten Knochen, der parallel zur langen Achse des Knochens angelegt ist, bei schwacher Vergrößerung (Fig. 58), so fallen uns zunächst ziemlich breite, mehr oder weniger parallel zur Längsachse des Knochens verlaufende Kanäle auf. Durch quere Verbindungskanäle stehen sie miteinander in Kommunikation und bilden so ein den ganzen Knochen durchsetzendes Kanalsystem. Es sind das die Haversschen Kanäle. Im lebenden Knochen verlaufen in ihnen die Blutgefäße, hier im mazerierten Knochen sind sie leer, denn durch die Mazeration werden ja alle Weichteile des Knochens entfernt.



Außerdem aber erscheinen im mikroskopischen Bild zahllose kleine Höhlen von länglicher Gestalt, mit feinen Ausläufern versehen; auch diese Knochenhöhlen sind im mazerierten Knochen aus dem eben angeführten Grunde leer, *intra vitam* liegt in jeder Knochenhöhle eine sie völlig ausfüllende Zelle, die Knochenzelle. Im mikroskopischen Präparat erscheinen die Knochenhöhlen bei geeigneter Präparation im durchfallenden, vom Spiegel reflektierten Licht schwarz. Die Lichtstrahlen erleiden nämlich bei Durchtritt durch mit Luft gefüllte Knochenhöhle eine Totalreflexion wegen des allzu großen Lichtbrechungsunterschiedes der Luft und der Knochen-substanz. Die Knochenhöhlen lassen eine unverkennbare Regelmäßigkeit der Anordnung erkennen. Sie liegen nämlich in Reihen neben- und hintereinander, welche parallel mit den Haversschen Kanälen laufen.

Betrachten wir nun einen quer zur Längsachse des Knochens angelegten Schliff (Fig. 59), so finden wir die Haversschen Kanäle als kreisrunde oder etwas längliche Querschnitte wieder. Da die queren Verbindungskanäle fast immer, wie Fig. 58 zeigte, im spitzen Winkel zu jenen Kanälen abgehen, so erscheinen sie an einzelnen wenigen Stellen unseres jetzigen Schliffes als Verlängerung und Ausziehung des Kanalquerschnittes. Die Knochenhöhlen sind auch hier wieder gesetzmäßig angeordnet und zwar ordnen sie sich in konzentrischen Kreisen resp. Ovalen um die Haversschen Kanäle herum. Es entsteht so um jeden Kanal herum ein abgegrenztes System konzentrischer Kreise, die, wie man bei etwas stärkerer Vergrößerung erkennt, einer konzentrischen Schichtung der Grundsubstanz ihr Dasein verdanken. Die letztere baut sich nämlich aus konzentrisch um die Kanäle angeordneten Lamellen auf und in diesen Lamellen der Grundsubstanz liegen die Knochenhöhlen. Doch nicht überall ist in unserem Schliff die Anordnung der Lamellen und mit ihr die der Knochenhöhlen konzentrisch um die Haversschen Kanäle; sowohl oben und unten im Bild (Fig. 59), d. i. an der äußeren und inneren Oberfläche des Knochens, als auch an vielen Stellen im Inneren finden wir abweichende Verhältnisse. Wir können somit in der kompakten Knochensubstanz vier verschiedene Arten der Lamellenanordnung unterscheiden.

1. Speziallamellen oder Haverssche Lamellen sind konzentrisch um die Haversschen Kanäle angeordnet und bilden um jeden derselben ein abgeschlossenes Lamellensystem, ein Haverssches Lamellensystem. Ein jedes solches System besteht aus einer Anzahl von röhrenförmigen, ineinandergesteckten Lamellen, und zwar sind es meistens 8—15 einzelne Lamellen, welche ein System zusammensetzen und an die Jahresringe im Baume erinnern. Diese Anordnung ist von mechanischen Gesichtspunkten aus außerordentlich inter-

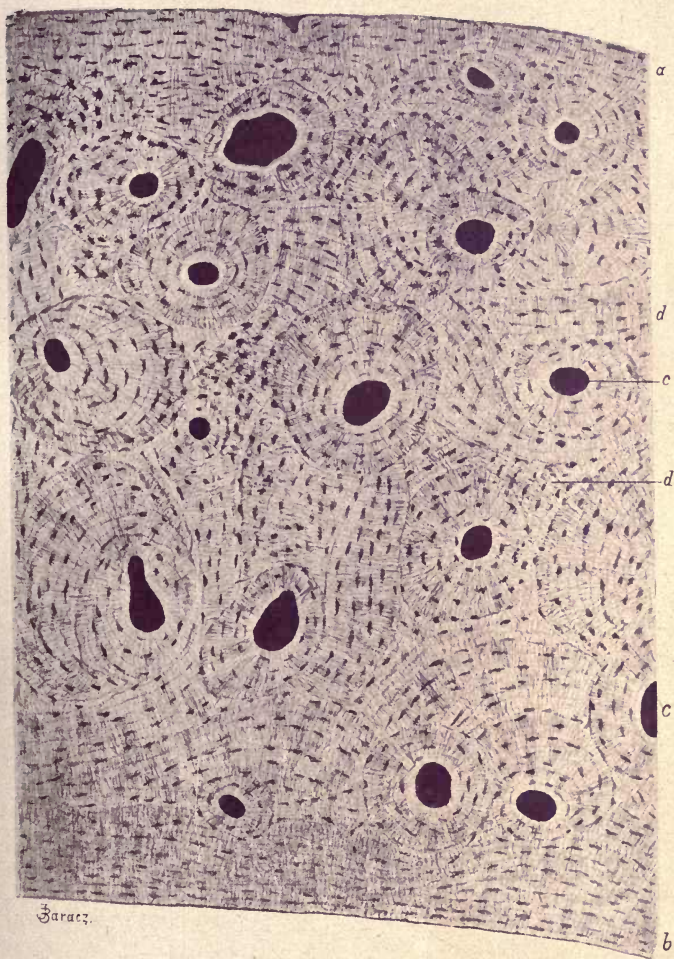


Fig. 59.

Aus einem Querschliffe durch die Diaphyse eines Röhrenknochens (Metatarsus) des Menschen.

Ca. 90 mal vergrößert. a) Äußere Grundlamellen; b) innere Grundlamellen; c) quergeschnittene Haverssche Kanäle von den Haversschen Lamellen konzentrisch umgeben; d) interstitielle Lamellen. Alle Kanäle und Knochenhöhlen sind mit Farbstoff ausgefüllt.





essant, denn auf ihr beruht wesentlich die große Druckfestigkeit des Knochens.

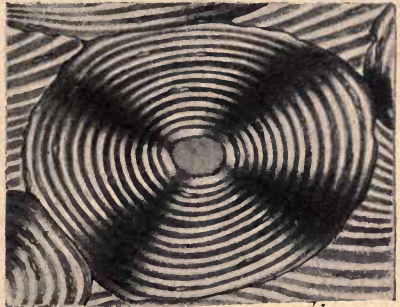
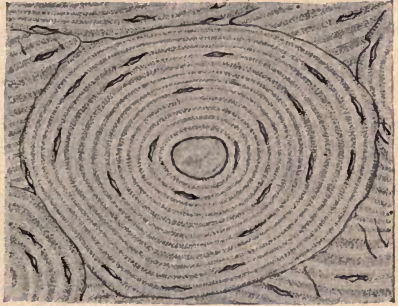
2. Schaltlamellen, intermediäre oder interstitielle Lamellen füllen, wie ihr Name sagt, die zwischen den vorigen übrigbleibenden Zwischenräume aus. Ihrer Herkunft nach kann man sie in echte und unechte trennen. Die ersteren stammen vom Periost ab und verlaufen deshalb parallel zu demselben, die letzteren sind die Überbleibsel rückgebildeter Speziallamellen.

3. Die äußeren Grund- (General-)lamellen verlaufen parallel mit der äußeren Oberfläche des Knochens und liegen dicht unter dem den Knochen bedeckenden Periost.

4. Die inneren Grund- (General-)lamellen bilden in ähnlicher Anordnung die innere Begrenzung des Knochens gegen die Markhöhle zu.

Die äußeren und inneren Grundlamellen werden stellenweise von Blutgefäßen durchbohrt, welche vom Periost oder von der Markhöhle her in den Knochen eindringen. Um diese sog. Volkmannschen Kanäle liegen aber keine besonderen Speziallamellensysteme herum, wie um die Haversschen Kanäle. Die Grundlamellen werden von diesen Gefäßkanälen senkrecht oder schräg durchbohrt.

Benachbarte Lamellensysteme sind miteinander mit einer besonderen Kittsubstanz verkittet. Da, wo diese in größerer Menge



Baracz

Fig. 60 u. 61.

Stück eines Querschliffes durch die Diaphyse einer menschlichen Ulna im polarisierten Licht untersucht.

Ca. 170 mal vergrößert. Man sieht ein ganzes Haversches Lamellensystem samt angrenzenden interstitiellen und Haversschen Lamellen. In der Mitte liegt ein Haversscher Kanal. Ringsum sieht man Lamellen, welche Knochenhöhlen enthalten. Zwischen den angrenzenden Systemen sind Kittlinien zu sehen; in Fig. 60 rechts unten die dunklen, schräg verlaufenden Linien = Sharpeysche Fasern.

Fig. 60 bei nicht gekreuzten, Fig. 61 bei gekreuzten Nicol'schen Prismen.

Das dunkle Kreuz in Fig. 61 ist eine die Polarisation begleitende Erscheinung.

entwickelt ist, zeigt sie sich in Form der die Lamellensysteme umrahmenden Kittlinien (von Ebner) (Fig. 60).

Die die Systeme zusammensetzenden Lamellen bestehen aus kollagenen Fibrillen und einer die letzteren verbindenden Kittsubstanz. Die Fibrillen sind mittelst einer interfibrillären Kittsubstanz zu Bündeln vereinigt, die einzelnen Bündel werden innerhalb der Lamellen wiederum durch eine interfaszikuläre Kittsubstanz zu-

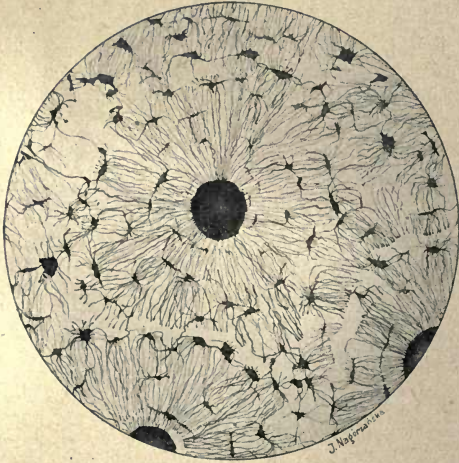


Fig. 62.

Ein Haversches Lamellensystem im Querschliff. Man sieht stellenweise, besonders an der unteren Grenze, eine Kittlinie. Nur vereinzelte Kanälchen durchbohren diese Kittlinie und verbinden die Knochenhöhlen benachbarter Systeme. Kanäle, Knochenhöhlen und Knochenkanälchen sind mit Farbstoff ausgefüllt.

Mittelstarke Vergrößerung.

sammgehalten. In dieser Kittsubstanz finden sich ausschließlich die Kalksalze angesammelt (v. Ebner).

Die Fibrillenbündel laufen innerhalb einer jeden Lamelle parallel, sie sind gleichgerichtet, ihre Richtung wechselt aber in verschiedenen Lamellen. So kann die Verlaufsrichtung der Bündel einer gewissen Lamelle senkrecht zu der der Nachbarlamelle stehen. Ein solches Beispiel zeigt uns Fig. 60. Hier sehen wir ein Speziallamellensystem, das sich gegen seine Nachbarn durch eine deutliche Kittlinie absetzt. Die Lamellen bilden konzentrische Kreise, und zwar erscheint abwechselnd die eine Lamelle fein gestreift, die nächste dagegen fein punktiert. Die Streifen sind der optische Ausdruck längsgetroffener Fibrillen, während die Punkte die Fibrillenquerschnitte darstellen. Es verlaufen also in der einen Lamelle die Fibrillen längs, parallel

zur Achse des Haversschen Kanals, in der nebenliegenden dagegen zirkulär, das Kanallumen umkreisend.

Betrachten wir dasselbe Präparat im polarisierten Licht, bei gekreuzten Nicols, so erhalten wir das in Fig. 61 dargestellte interessante Bild. Das ganze Lamellensystem zeigt sich zusammengesetzt aus abwechselnd gelagerten hellen und dunklen Lamellen und ist durchsetzt von den vier Balken eines Kreuzes, dessen Mittelpunkt der Haverssche Kanal bildet. Auf die Entstehung dieses Kreuzes,



Fig. 63.

Aus einem Schliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Fläche aus gesehen und sind, sowie die Knochenkanälchen mit Farbstoff gefüllt. Stellenweise sind kleine Punkte sichtbar, welche Querschnitte der Knochenkanälchen darstellen. Ca. 850 mal vergrößert.

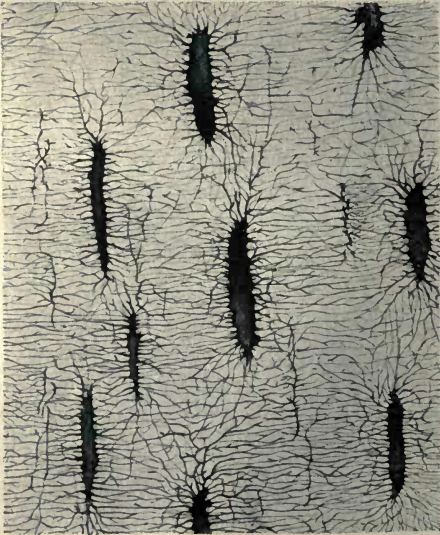
eine die Polarisation begleitende Erscheinung, ist hier nicht weiter einzugehen. Das abwechselnde Hell und Dunkel der Lamellen erklärt sich aus bekannten optischen Eigenschaften der kollagenen Fibrillen. Sie sind positiv einachsigt, die optische Achse liegt in der Längsrichtung der Fibrillen, deshalb erscheinen sie bei gekreuzten Nicols im Querschnitt dunkel, im Längsschnitt hell. Die lamelläre Struktur tritt dann nicht so deutlich zutage, wenn sich die Fibrillenbündel der Nachbarlamellen unter einem spitzen Winkel überkreuzen oder wenn ihre Verlaufsrichtung jener der Nachbarlamellen gleicht.

Die kollagenen Fibrillen sind im erwachsenen Knochen fast überall gleich dünn, nur in der Umgebung von Knochennähten, sowie



an den Ansatzstellen von Sehnen finden sich gröbere Fibrillen. Eine solche grobfaserige Grundsubstanz charakterisiert auch den embryonalen Knochen.

Noch einer anderen Art von Fibrillen wäre schließlich zu gedenken, die man als die Sharpeyschen Fasern bezeichnet (Fig. 60). Man versteht darunter Bündel von kollagenen, ganz unverkalkt bleibenden oder partiell verkalkten Fibrillen, welche, vom Periost ausgehend, die äußeren Grundlamellen und die echten interstitiellen



B

Fig. 64.

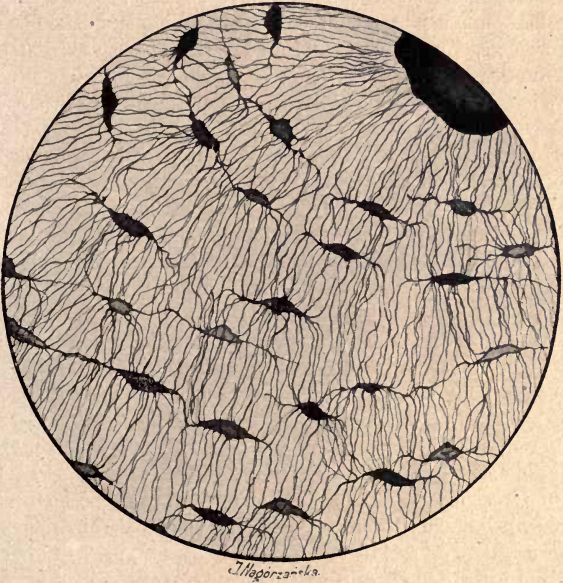
Aus einem Längsschliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Kante aus gesehen und sind, sowie die Knochenkanälchen, mit Farbstoff ausgefüllt. Ca. 850 mal vergrößert.

Lamellen, also die Abkömmlinge des Periostes, durchbohren. Niemals kommen sie in den Speziallamellen und inneren Grundlamellen vor. In den Grundlamellen verlaufen sie meist senkrecht oder wenig schräg zur Längsachse, in den interstitiellen Lamellen dagegen kommen auch longitudinal verlaufende Fasern vor. In größter Menge aber treffen wir sie im embryonalen Knochen. Sie können bis zu 30  $\mu$  dick werden und erscheinen an Schliffen von einem seiner Weichteile beraubten Knochen entweder als lufthaltige Röhrchen, nämlich, wenn sie ganz unverkalkt waren, oder bei partiell verkalkten Fasern als Kalkröhren mit zentraler Öffnung. Diese Sharpeyschen Fasern

können begleitet sein von elastischen Fasern, die mit ihnen aus dem Periost austreten, aber auch für sich allein die äußeren Grundlamellen durchsetzen können.

Die Knochenhöhlen liegen innerhalb der Grundsubstanz der Lamellen oder an der Grenze benachbarter Lamellen und stellen Hohlräume dar (13—31  $\mu$  lang, 6—15  $\mu$  breit, 4—9  $\mu$  dick), die in ihrer Gestalt an Kürbiskerne erinnern und deren längster Durchmesser in der Längsachse der Fibrillen, deren kürzester Durchmesser



*Игорь-ка.*

Fig. 65.

Aus einem Querschliff durch die Diaphyse eines menschlichen Humerus. Oben sieht man einen Teil eines quergetroffenen Haversschen Kanales. Die Knochenhöhlen sind quergeschnitten und samt den Knochenkanälchen mit Farbstoff gefüllt.

Stark vergrößert.

in den Speziallamellen radiär, in den übrigen Lamellen senkrecht zur Lamellenfläche und deren mittlerer Durchmesser (die Breite) der Lamellenfläche parallel liegt. Von den Knochenhöhlen gehen allseitig außerordentlich zahlreiche, feine, sich verästelnde und verzweigende Röhrchen aus, mittelst deren nicht nur benachbarte Höhlen in Verbindung stehen, sondern auch entferntere Höhlen kommunizieren können (Fig. 62—65). Wir bezeichnen sie als Knochenkanälchen oder Primitivröhrchen. Diejenigen Knochenhöhlen,

welche in den äußeren oder inneren Grundlamellen der äußeren oder inneren Knochenoberfläche dicht anliegen, lassen einen Teil ihrer Ausläufer sich nach außen unter dem Periost, resp. nach innen in den Markraum öffnen. Die Knochenhöhlen der innersten Haversschen Lamellen öffnen sich in den Haversschen Kanal selbst. So entsteht ein die gesamte Knochensubstanz durchsetzendes, äußere und innere Oberfläche miteinander verbindendes Hohlraumssystem, das für die Ernährung des Knochens von höchster Bedeutung ist.

Jene Grundsubstanzpartie, die die Knochenhöhlen und -kanälchen unmittelbar umgibt, zeigt eine größere Widerstandsfähigkeit den Reagenzien gegenüber als der Rest der Grundsubstanz. Man kann sich davon überzeugen, wenn man dünne Knochenschliffe der Wirkung konzentrierter Salpeter- oder Salzsäure unterzieht. Es wird nämlich dabei der größte Teil der Grundsubstanz aufgelöst und bloß eine dünne Schicht rings um die Knochenhöhlen und deren Ausläufer herum, die Form derselben genau widergebend, widersteht der Reagenzwirkung. Auf diese Weise erlangt man künstlich isolierte Kapseln aus den verdichteten und resistenteren Partien der Grundsubstanz.

Die Knochenhöhlen samt Knochenkanälchen sind im mazerierten Knochen mit Luft gefüllt, sonst liegen in ihnen die Knochenzellen. Da diese ihren Raum vollkommen ausfüllen, so stellen sie nach dem bisher Ausgeführten kürbiskernähnliche Zellen dar, von deren Körper zahlreiche protoplasmatische Fortsätze ausgehen, welche die Knochenkanälchen durchsetzen. In unseren zwecks Entkalkung meist mit Säuren behandelten Schnittpräparaten des Knochens erscheinen die Ausläufer gewöhnlich abgerissen und die Zellen zu kleinen Klümpchen zusammengeschrumpft. Daß die Zellen bei den höheren Wirbeltieren mittelst ihrer Ausläufer miteinander anastomosieren, ist unwahrscheinlich. Bei niederen Tieren sind solche Verbindungen sicher nachgewiesen.

Die spongiöse Knochensubstanz entspricht in ihrem feineren Bau ganz der kompakten, sie besteht aus einer Grundsubstanz mit Knochenhöhlen und Knochenzellen, nur besitzt sie keine Haversschen Kanäle. Die gröberen Bälkchen zeigen eine lamelläre Schichtung, und zwar liegen die Lamellen parallel zur breiten Fläche der Bälkchen. Bei den dünnsten Knochenbälkchen fehlt auch die Lamellenschichtung, wir können dieselben dann als isolierte Lamellen auffassen.

Über den Bau des Periosts, des Knochenmarks, über die Vaskularisation und Entwicklung des Knochens findet man das Nähere in dem Kapitel „Skelettsystem“.

Das Dentin bildet eine Abart des Knochengewebes und stellt den Hauptbestandteil der Zähne dar, bei deren Schilderung es, um Wiederholungen zu vermeiden, im Zusammenhang abgehandelt werden soll.



### III. Das Muskelgewebe.

Wenn auch die Fähigkeit auf äußere Reize durch Kontraktionen zu reagieren jedem Protoplasma eigen ist, so ist in dem Muskelgewebe diese Eigenschaft doch in ganz besonderem Maße und nur in einer einzigen Richtung entwickelt, so daß wir es auch als das kontraktile Gewebe par excellence bezeichnen können. Die Muskelzelle, das das Muskelgewebe konstituierende Element, antwortet auf einen Reiz immer mit einer Verkürzung, sie kontrahiert sich immer in einer bestimmten Richtung und diese Eigenschaft ist begründet in der spezifischen Längsanordnung ihrer Kontraktionseinheiten. Diese letzteren finden sich in Form langer Fäden, der kontraktilen Fibrillen, innerhalb der Muskelzellen. Sie sind differenziert aus dem ursprünglich indifferenten Zellprotoplasma und auch noch in eine mehr oder weniger beträchtliche Menge desselben eingebettet. Sie sind entweder in ihrer ganzen Länge anisotrop oder es wechseln anisotrope und isotrope Partien miteinander ab. Diese letztere Eigenschaft verleiht der kontraktilen Fibrille eine regelmäßige Querstreifung, die natürlich der total anisotropen Fibrille nicht zukommt, und ist ein Ausdruck der höheren Differenzierung, welche mit der Fähigkeit einer ausgiebigeren und rascheren Kontraktilität im Zusammenhange steht. Demgemäß können wir die Muskeln in glatte und quergestreifte einteilen.

#### 1. Das glatte Muskelgewebe.

Die glatte Muskulatur stellt ein im Körper weitverbreitetes, aber nur selten in größeren kompakten Massen, sondern meist in Form von Häuten auftretendes Gewebe von gelblichweißer Farbe dar, welches sich aus lauter einzelnen Zellen aufbaut, die wir als glatte Muskelzellen oder kontraktile Faserzellen bezeichnen.

Die glatte Muskelzelle hat meist die Form langer spindelförmiger Zylinder oder Prismen von rundem oder unregelmäßig eckigem Querschnitt (Fig. 66). In der Mitte ist die Zelle am dicksten, nach beiden Enden zu ist sie spitz ausgezogen oder abgeschrägt. Die Länge kann beim Menschen zwischen  $15\ \mu$  in den Gefäßen und  $200\ \mu$  im Darm schwanken, im schwangeren Uterus kann sie sogar  $600\ \mu$  betragen. Noch wesentlich längere Zellen finden sich bei Amphibien, bei denen sie selbst über  $1\text{ mm}$  lang werden können. Die Dicke schwankt zwischen  $4$  und  $7\ \mu$ . Manchmal, insbesondere bei niederen Tieren, sind die Zellen an ihren Enden gespalten.

In jeder Zelle findet sich, und zwar in der Zellmitte gelagert, ein längsovaler oder stäbchenförmiger Kern mit sehr schönem Chromatinnetz und mehreren meist recht großen Nukleolen. Dicht neben dem Kern, meist in einer Einbuchtung seiner Längsseite gebettet, liegt ein

aus zwei Zentralkörpern bestehendes Mikrozentrum (von Lenhossék, Zimmermann). Die Form des Kernes ist in hohem Grade abhängig von dem Kontraktionszustand der Zelle, in der ruhenden Zelle erscheinen die Kerne länger und ihre Konturen glatt, in der kontrahierten dagegen sind sie kürzer, oft spiralig gekrümmt und ihre Konturen eingeknickt und gefältelt.

Der Kern liegt inmitten des Zellkörperplasmas. Dieses enthält mehr oder weniger deutlich sichtbare, parallel zur Längsachse

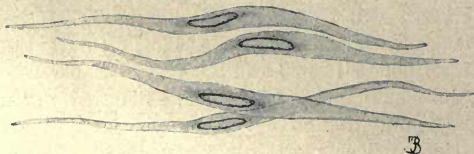


Fig. 66.

Vier glatte Muskelzellen aus dem Magen eines Frosches.

Durch 33% Kalilauge isoliert. In der Mitte jeder Zelle liegt ein ovaler Kern; an beiden Enden der Kerne ist die Ansammlung des körnigen Protoplasmas zu sehen. Ca. 400 mal vergrößert.

verlaufende kontraktile Fibrillen. Dies sind dünne, und zwar in ihrer ganzen Länge gleich dünne Fäden, deren Durchmesser zwischen 0,3 und 1,0  $\mu$  schwankt. Sie liegen außerordentlich dicht und lassen feinere Strukturdetails nicht erkennen. Von verschiedener Seite (Heidenhain, Benda) sind außerdem noch besondere Grenz-



Fig. 67.

Stück eines Längsschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.

Ca. 530 mal vergrößert.

fibrillen beschrieben worden, die sich angeblich nur in den oberflächlichen Partien der Zellen vorfinden und sich durch besondere Dicke auszeichnen.

Zwischen diesen kontraktile Fibrillen befindet sich in geringer Menge unverändertes Protoplasma, das wir als Sarkoplasma bezeichnen. Reichlicher ist es angesammelt in der Zellachse in Form von zwei längeren oder kürzeren, schmalen Zipfeln, die von den beiden Polen des Kernes ausgehen. Außerdem findet sich in der äußersten Peripherie der Zelle eine homogen erscheinende, ganz dünne Sarkoplasmaschicht, welche die Zelle membranartig nach außen abschließt und als Sarkolemma bezeichnet werden kann.

Charakteristisch ist der Querschnitt glatter, in größere Komplexe nebeneinander gelagerter Muskelzellen. Sie stellen rundliche oder infolge gegenseitiger Abplattung polygonale Felder dar. Diese Felder sind von verschiedener Größe; die einen sind klein, da die spindelförmige Zelle an ihrem Ende getroffen wurde, andere sind größer, da der Schnitt die Zelle in ihrer dickeren Mittelpartie trifft. Ein Teil der größten Querschnitte enthält den vom Schnitt getroffenen Kern.

Die Art der Verbindung der glatten Muskelzellen untereinander ist bis auf die Gegenwart noch nicht aufgeklärt. Während früher eine besondere Kittsubstanz, die die Zellen zusammenhalten sollte, angenommen wurde, sahen andere als die Grundlage dieses festen

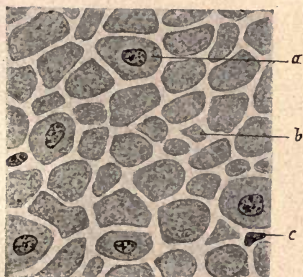


Fig. 68.

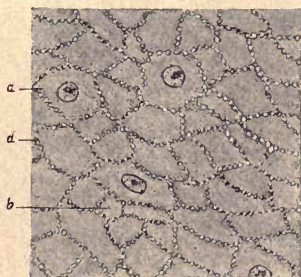


Fig. 69.

Fig. 68.

Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.

Die Interzellularbrücken sind hier nicht zu sehen. Ca. 800mal vergrößert.

Fig. 69.

Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.

Die Interzellularbrücken sind hier bei d zu sehen. Ca. 800mal vergrößert.

a) Querdurchschnittene Zelle in der Gegend des Kernes. b) Querdurchschnittene Zelle in der Nähe des Endes. c) Kern der Bindegewebszelle. d) Interzellularbrücken.

Zusammenhangs der Zellen eine direkte protoplasmatische Verbindung zwischen den Zellen an, entweder in Form von sog. Zellbrücken (Kultschitzky, Barfurth, Klecki, de Bruyne, Bohemann, Triepel) oder in Form einer direkten Kontinuität der Fibrillen über mehrere Zellen (Rouget, Benda, Schaper). Was die Zellbrücken anlangt, so sieht man zwar recht häufig in den mit verschiedensten Reagenzien behandelten Präparaten die Zellen mit Dornen und Stacheln besetzt (Fig. 67 und 69), in anderen ganz ungeschrumpften Präparaten dagegen sind die Zellkonturen ganz glatt (Fig. 68). Demzufolge müssen wir uns denjenigen Autoren anschließen, die die Zellbrücken für Kunstprodukte erklären (Drasch, Garnier, Schaffer, v. Lenhossék, Henneberg).



Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, daß eine wichtige Rolle in der Verbindung der glatten Muskelzellen miteinander dem Bindegewebe zugeschrieben werden muß. Es erscheint hier zwischen den Zellen in Form von feinsten Lamellen, von denen die einen längs verlaufen und die Zellen hülsenartig einschneiden, während andere die ersteren quer miteinander verbinden. Äußerst feine Fäserchen begleiten diese membranösen Scheiden zwischen den einzelnen Zellen und umgeben diese mit einem zarten Netz (Bohemann, M. Heidenhain, Holmgren). (Fig. 70.)

Fibrilläres Bindegewebe vereinigt untereinander die glatten Muskelzellen zu größeren Komplexen, indem es zwischen die letzteren



Fig. 70.

Längsschnitt der Muscularis des Darms der Katze mit den interstitiellen bindegewebigen Querfädchen.

Nach Bohemann aus Heidenhain.

in Form von stärkeren Scheidewänden eintritt und Blutgefäße und Nerven mit sich führt.

Die Kontraktion der glatten Muskelzellen erfolgt sehr langsam, sie ist bis auf ganz wenige Fälle dem Willen nicht unterworfen.

Das glatte Muskelgewebe findet sich in weiter Ausdehnung in der Wand der Arterien, Venen und Lymphgefäße, in der Wand des gesamten Magen-Darmrohrs vom unteren Teil des Ösophagus bis zum unteren Teil des Mastdarms, in der Trachea und den Bronchien, in den Ausfuhrwegen der Harn- und Geschlechtsorgane, in manchen Drüsen, in der Haut, im Auge.

## 2. Das quergestreifte Muskelgewebe.

Während die kontraktile Fibrille bei dem glatten Muskelgewebe in ihrer ganzen Länge dieselbe Anisotropie zeigt, setzt sie sich bei dem quergestreiften Muskelgewebe aus anisotropen und isotropen Abschnitten in regelmäßiger Folge zusammen. Dadurch, daß die

Fibrillen innerhalb der Faser eng und dergestalt aneinander gelagert sind, daß immer Abschnitte von gleicher Lichtbrechung auch nebeneinander angeordnet sind, laufen über die quergestreifte Muskelfaser helle und dunkle Bänder in regelmäßiger Folge und bewirken so das charakteristische Bild der Querstreifung.

Zu den quergestreiften Muskeln gehören die Herzmuskeln und die Skelettmuskeln. Da beide in ihrem Bau gewisse charakteristische Differenzen aufweisen, wollen wir diese beiden Unterarten der quergestreiften Muskulatur einzeln für sich betrachten.

### a) Das quergestreifte Muskelgewebe des Herzens.

Der Herzmuskel der niederen Wirbeltiere bildet gleichsam eine Übergangsform zwischen dem glatten und dem quergestreiften Muskel, da er nämlich in sich gewisse Eigenschaften der ersten und der zweiten Muskelart vereinigt. So haben z. B. die Zellen des Herzmuskels bei Amphibien, genau so die glatten Muskeln, eine spindelförmige Gestalt,



Fig. 71.

Zwei Herzmuskelzellen vom Frosch, in Kalilauge isoliert.

In der oberen Zelle ist ein, in der unteren sind zwei Kerne zu sehen, an den Enden der Kerne ist das körnige Sarkoplasma angesammelt. Ca. 700mal vergrößert.

wobei sie an einem oder an beiden Enden in der Regel gegabelt sind, und besitzen wie diese nur einen Kern sowie ein kaum angedeutetes Sarkolemma; gleichzeitig zeigen sie aber eine für die quergestreiften Muskeln charakteristische, deutliche Querstreifung. (Fig. 71.)

Viel komplizierter und strittig ist der Bau des Herzmuskels des Menschen und der Säugetiere.

Früher wurde allgemein angenommen, daß die Herzmuskulatur aus Zellen zusammengesetzt sei, und zwar aus zylindrischen Zellen, die an ihren beiden Enden mit den Nachbarzellen in Verbindung treten. Die aneinanderstoßenden Verbindungsflächen sind dieser Anschauung zufolge mittelst einer Kittsubstanz vereinigt, welche sich mit Silbernitratlösung schwarz färbt und sich in starken Laugen leicht auflösen läßt, wodurch ein Zerfall des Muskels in die einzelnen Zellen bewirkt wird. Die Seitenflächen dagegen zeigen keine derartige Verbindung mittelst Kittsubstanz. Die Zellen geben unter spitzem Winkel kurze Seitenäste ab, die sich mit den entsprechenden Ausläufern

anderer Zellen verbinden und auf diese Weise eine Art Muskelnetz bilden (Weismann, Kölliker, Eberth, Schweigger-Seidel, Zimmermann und seine Schule). (Fig. 72.)

In den letzten Jahren beginnt eine der eben ausgeführten direkt entgegengesetzte Ansicht immer zahlreichere Anhänger zu gewinnen, die nämlich, daß der Herzmuskel keine Zusammensetzung aus Zellen zeigt, sondern im Gegenteil ein netzartiges Synzytium darstellt (Wagener, v. Ebner, M. Heidenhain, Marceau, Renaut). Es hat sich nämlich gezeigt, daß die zylindrischen Segmente, die man bei Behandlung der Herzmuskulatur mit starker Kalilauge erhält, keineswegs einzelnen



Fig. 72.

Aus einem Längsschnitte durch den menschlichen Herzmuskel.

Es sind zwei „Zellen“ zu sehen, die linke besitzt eine Abzweigung. Ca. 500mal vergrößert.

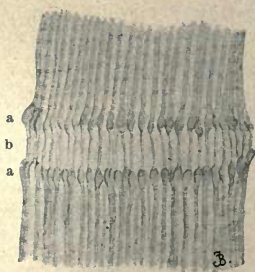


Fig. 73.

Die Verbindung zweier „Herzmuskelzellen“ von einem ödematösen menschlichen Herzmuskel.

Bei b sind fadenförmige Ausläufer zu sehen, welche die Primitivfibrillen zweier Nachbarzellen (a, a) verbinden. Sehr starke Vergrößerung.  
(Nach Przewoski.)

Zellen, sog. Herzmuskelzellen, entsprechen und daß die als Kittlinien betrachteten, einzelne Zellen miteinander vereinigenden Gebilde, welche man gegenwärtig „Schaltstücke“ nennt, eine ganz andere Bedeutung haben. Browicz hat nachgewiesen, daß die Kittlinien eine Stäbchenstruktur besitzen, Przewoski, daß sie aus Fasern bestehen, welche die Fibrillen der Nachbarzellen miteinander verbinden, ähnlich wie die Interzellularbrücken der Epidermiszellen (Fig 73). Bald überzeugte man sich auch, daß durch diese sog. Kittlinien Fibrillen ohne Unterbrechung von einer Zelle in die andere übergehen, daß also eine Kontinuität derselben besteht (Hoyer).

Da die letzte Auffassung uns richtig zu sein scheint, wollen wir in unserer Schilderung M. Heidenhain folgen, dessen Arbeiten wir auch zwei sehr instruktive Bilder entlehnt haben.

Die Herzmuskulatur des Menschen und der Säugetiere besteht



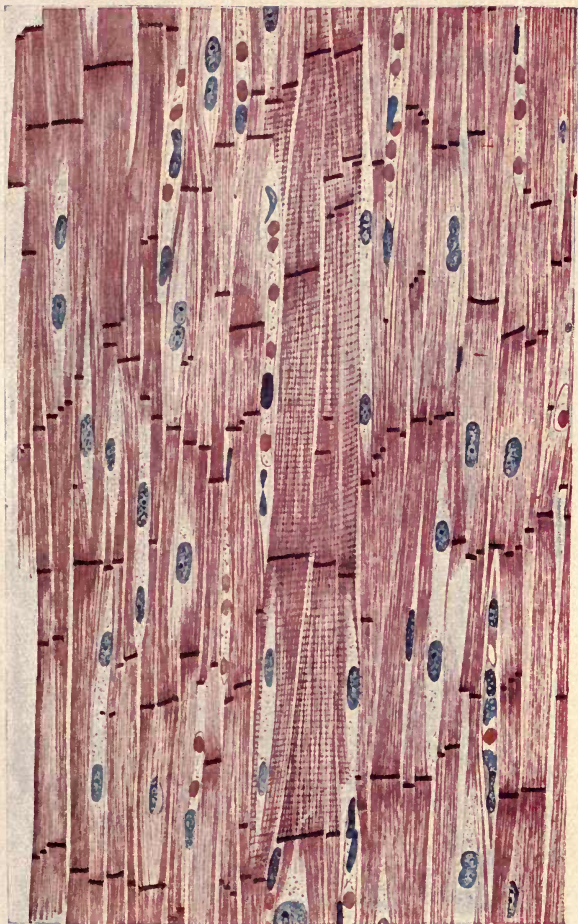


Fig. 74.

Übersichtsbild über die menschliche Herzmuskulatur.

540 mal vergrößert. Die Kerne sind blau, die Schaltstücke dunkelrot und die roten Blutkörperchen ziegelrot gefärbt.

Aus M. Heidenhain.



aus Fasern, welche in ihrem Verlauf eine außerordentlich weitgehende Längsspaltung erfahren. Indem sich nun die Teiläste benachbarter Fasern miteinander verbinden, entsteht eine Art von Plexusbildung (Fig. 74).

Diese Fasern bestehen aus Sarkoplasma, Sarkolemma, kontraktilen, quergestreiften Fibrillen sowie aus Kernen. In den Verlauf der Fasern sind besondere Unterbrechungen eingelagert, die man als Schaltstücke bezeichnet. Die Fig. 74 zeigt

uns die gegenseitige Verbindung der Herzmuskel-fasern zu einem Plexus. Die durch Spaltung entstandenen Äste hängen mit

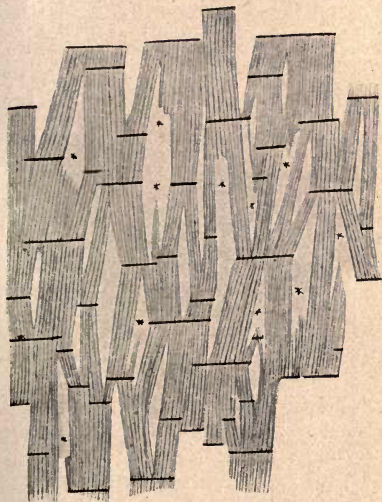


Fig. 75.

Fig. 75. Schema der Verzweigung der Herzmuskelfasern des Menschen.

Die Sternchen bedeuten die Stellen, wo die Bündel in benachbarte Schnittebenen abbiegen (Kopie nach Heldenhain).



Fig. 76.

Fig. 76. Aus einem Querschnitt durch den Herzmuskel des Menschen.

Ca. 800 mal vergrößert.

anderen Fasern zusammen, doch in verschiedenen Ebenen, nicht nur in der Schnittebene allein (Fig 75). Zwischen den Fasern bleiben dabei Lücken übrig, welche durch Bindegewebe ausgefüllt werden, und Blutkapillaren beherbergen. Die innerhalb des undifferenzierten Sarkoplasmas verteilten quergestreiften, kontraktilen Fibrillen gleichen in ihrem Bau ganz den Fibrillen der Skelettmuskeln. Deshalb sei auf das dort Gesagte verwiesen. Das Sarkoplasma bildet ähnlich wie bei den glatten Muskelzellen, nur in einer größeren Mächtigkeit, einen axialen, sich jederseits an die Kerne anschließenden Strang.



Von diesem zentralen Sarkoplasmastrang strahlen oft radiär Sarkoplasmassepten nach der Peripherie aus und es ordnen sich so die kontraktile Fibrillen zu bandförmigen Längsbündeln, die wieder durch Sarkoplasmaabücken in einzelne Muskelsäulchen zerfallen (Fig. 76). Im Sarkoplasma findet man oft ein körniges braunes Pigment (Fig. 76). Das Sarkoplasma des Herzmuskels enthält ähnlich wie das der Skelettmuskeln gewisse Einschlüsse, nämlich Mitochondrien, interstitielle Körnchen und Querfasernetze, die, um Wiederholungen vorzubeugen, bei letzteren ausführlicher besprochen werden. Die Herzmuskelfasern sind auf der Oberfläche von einer dünnen Sarkoplasmaschicht überkleidet, die wie in den Skelettmuskelfasern ein nach außen abgrenzendes Sarkolemma bildet. Es hängt nach Hoche und Heidenhain sehr fest mit der Zwischenscheibe (Z) der kontraktile Fibrillen zusammen.

Die Kerne liegen meist in der Achse der Fasern, umgeben von Sarkoplasma, können jedoch exzentrisch oder sogar oberflächlich gelegen sein. Oft begegnet man in einer Sarkoplasmaanhäufung zwei dicht nebeneinander liegenden Kernen (Fig. 74).

Was die interessanten und rätselhaften als Schaltstücke bezeichneten Gebilde betrifft, die früher als Kittlinien benachbarter Zellen betrachtet wurden, so sind dies in den Verlauf der Fasern eingelagerte, 1—1,7  $\mu$  dicke Platten, von verschiedener Breite, da sie bald durch die ganze Dicke einer Faser hindurchgehen, bald sich nur über einen kleinen Teil des Faserquerschnitts erstrecken. Häufig lagern sie sich derart aneinander, daß sie den Faserquerschnitt treppenförmig durchsetzen. Die Schaltstücke zerteilen die Muskelfasern in mitunter ziemlich regelmäßige Abschnitte. Diese Segmente enthalten gewöhnlich einen oder zwei Kerne, was ihnen eine große Ähnlichkeit mit Zellen verleiht, als welche sie ein Teil der Forscher auffaßt; oft aber hängen infolge unvollständiger Ausbildung von Schaltstücken aufeinander folgende Segmente kontinuierlich zusammen. Die Schaltstücke bestehen aus kurzen Stäbchen (Fig. 73), welche in den Verlauf der Fibrillen eingeschaltet sind und stellen nach Heidenhain eine undifferenzierte Substanz dar, von welcher aus das Wachstum der Muskelfasern erfolgt. Hat das Schaltstück eine gewisse Dicke überschritten, so wird es in einen adäquaten Teil kontraktile Fasersubstanz umgewandelt. Die Schaltstücke wurden auch als Verdichtungsstreifen, die durch Kontraktion während des Absterbens der Fasern entstanden sind, aufgefaßt. v. Ebner, welcher diese stark lichtbrechenden Linien Glanzstreifen nennt, hält sie für kontraktile Abschnitte der Herzmuskelfaser, deren Aufgabe sein soll, den Ablauf der Kontraktionswellen zu regeln.

### b) Das quergestreifte Muskelgewebe des Skeletts.

In der Skelettmuskulatur zeigt das Muskelgewebe die weitgehendste Differenzierung, es besteht hier aus lauter diskreten Fasern, die untereinander keine Verbindung eingehen und sich deshalb durch alle möglichen Mazerationsmittel auch leicht und in ihrer ganzen Länge isolieren lassen.

Diese Fasern können ohne Vergleich länger sein als die glatten Muskelzellen, sie können bei kleinen Muskeln den Muskel in seiner ganzen Länge durchsetzen, bei größeren Muskeln dagegen erreichen sie wahrscheinlich nie die Länge des Muskels. Man hat Muskelfasern bis zu 12 cm Länge gemessen. Außerordentlich schwankend (30—80  $\mu$ ) ist der Durchmesser der Fasern, doch dürfte er 100  $\mu$  wohl niemals übersteigen.

Da der Querschnitt der Muskelfaser fast nie völlig rund, sondern unregelmäßig polygonal ist mit stark abgestumpften Ecken, so stellt

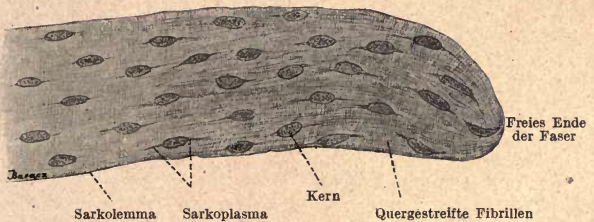


Fig. 77.

Muskelfaserstück aus einem quergestreiften Muskel des Frosches.

Ca. 300 mal vergrößert.

die Faser ein langes Prisma dar, dessen Längsdurchmesser den Querdurchmesser bei weitem, um das hundert- oder tausendfache übertrifft. Die beiden Enden eines jeden Prismas erweisen sich als plump zugespitzt oder kurz abgeschrägt (Fig. 77).

An einer entwickelten Muskelfaser haben wir folgende einzelnen Bestandteile zu unterscheiden (Fig. 77): das unveränderte Protoplasma, hier Sarkoplasma genannt, die periphere verdichtete Ausbreitung des vorigen, welche die äußere Begrenzung bildet, Sarkolemma genannt, die Muskelkerne und schließlich als wichtigsten Bestandteil die kontraktile quergestreifte Fibrillen. Wir wollen diese Bestandteile nun im einzelnen besprechen.

Über die Anordnung des Sarkoplasmas in der Muskelfaser orientieren uns am besten Querschnitte, wie sie die Fig. 78 und 79 darstellen. In der Fig. 78 erscheint der gesamte Querschnitt von einem recht regelmäßigen Maschenwerk durchzogen, das von einer äußeren

Konturlinie ausgeht. Dieses Maschenwerk stellt das Sarkoplasma dar, die Konturlinie liegt direkt dem Sarkolemma an. Durch diese regelmäßige Anordnung des Sarkoplasmas wird der ganze Muskelfaserquerschnitt in eine große Anzahl kleiner polygonaler Felder zerlegt, die wir nach ihrem Entdecker als die Cohnheimschen Felder bezeichnen. Nicht immer jedoch ist die Anordnung der Sarkoplasma-bälkchen eine so regelmäßige. Fig. 79 zeigt uns einen Querschnitt durch die Faser eines Augenmuskels und hier sehen wir das Sarkoplasma in Form dicker Balken, welche, zum Teil vom Sarkolemma ausgehend, den Querschnitt durchsetzen.

Man hat nach dem Gehalt an Sarkoplasma sarkoplasmaarme Muskelfasern, die auch helle oder weiße heißen — und sarkoplasma-

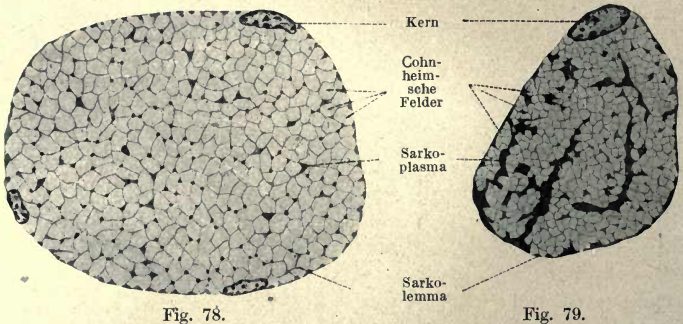


Fig. 78.

Fig. 79.

Fig. 78. Querschnitt durch eine Muskelfaser des *Musc. gastrocnemius* der Katze, Färbung mit Hämalaun. Regelmäßige Anordnung des Sarkoplasmas. (Helle Muskelfaser.)

Ca. 800 mal vergrößert.

Fig. 79. Querschnitt durch eine Faser des *Musc. rectus oculi superior*. Färbung mit Hämalaun. Das Sarkoplasma ist sehr stark entwickelt und bildet zum Teil breite Streifen im Querschnitt. (Trübe Muskelfaser.)

Ca. 800 mal vergrößert.

reiche, die als trübe oder rote bezeichnet werden, unterschieden. Außer dem verschiedenen Gehalt an Sarkoplasma unterscheiden sich diese zwei Arten von Muskelfasern noch durch andere Eigenschaften, die hier schon vermerkt werden sollen. So zeichnen sich die sarkoplasma-reichen, trüben oder roten Muskelfasern noch durch Körnchen-reichtum, d. h. durch reichliche Anhäufungen von sog. Sarkosomen (siehe weiter) und Lipoiden im Sarkoplasma aus. Ihre rote Farbe verdanken die roten Muskeln der Anwesenheit von Blutfarbstoff d. h. Hämoglobin in den Fasern, außerdem zeigen sie auch eine stärkere Versorgung mit Blutgefäßen. Im Zusammenhange mit dem reich-



licheren Gehalte an Sarkoplasma besitzen die roten Muskelfasern eine deutlichere Längsstreifung, enthalten ihre Kerne auch im Innern der Fasern und zeichnen sich durch langsamere Kontraktilität und später eintretende Ermüdung aus. Die sarkoplasmaarmen, hellen oder weißen Fasern dagegen weisen eine deutliche Querstreifung auf, haben peripherisch, dicht unter dem Sarkolemma gelegene Kerne, kontrahieren sich schneller, ermüden jedoch eher. Es zeigte sich jedoch, daß sarkoplasmareiche Muskeln nicht immer auch zugleich rote Muskeln sind; so gehören z. B. die Augenmuskeln des Menschen, des Affen und des Kaninchens, obgleich sie außerordentlich sarkoplasmareich sind, zu den weißen Muskeln (Thulin). Beim Menschen besteht die ganze Muskulatur vorwiegend aus beiden Faserarten, welche miteinander vermischt sind, so daß die Muskeln im allgemeinen sowohl sarkoplasma-reiche, trübe oder rote, als auch sarkoplasmaarme, helle oder weiße Fasern in verschiedenem Verhältnisse enthalten, je nach der durch den Muskel zu leistenden Funktionsart. Trübe Fasern überwiegen in denjenigen Muskeln, welche sich häufiger und andauernder kontrahieren müssen. Bei den Tieren bestehen gewisse Muskeln fast ausschließlich aus sarkoplasmaarmen oder weißen, andere dagegen aus sarkoplasmareichen oder roten Fasern; beim Kaninchen ist z. B. der Semitendinosus und der Soleus exquisit rot.

Aus den Bildern, welche uns Muskelfaserquerschnitte liefern, können wir folgern, daß das Sarkoplasma innerhalb der Muskelfaser längsgerichtete Septen bildet, welche sich aus dem Sarkolemma erheben, radiär nach innen strahlen und sich zu einem Wabenwerk vereinigen, welches man am besten mit stark in die Länge gezogenen Bienenwaben vergleichen kann. In diesen Längswaben liegen dann, zu Bündeln vereinigt, die kontraktilen Fibrillen.

Innerhalb des Sarkoplasmas finden wir zahlreiche Körner, von denen zwei Arten unterschieden werden können, nämlich Mitochondrien und sog. interstitielle Körnchen oder Sarkosomen und überdies sog. Querfadennetze. Auf diese Einlagerungen des Sarkoplasmas werden wir noch später zurückkommen.

Während das Sarkolemma in den glatten Muskeln und im Herzmuskel ausschließlich von einer dünnen, verdichteten, oberflächlichen Sarkoplasmaschicht gebildet ist, findet sich im Skelettmuskel außerdem an der Oberfläche dieser Sarkoplasma-lage eine äußerst zarte, etwa  $1\ \mu$  dicke Hülle, welche sich genau an die Oberfläche des Sarkoplasmas anschmiegt, die Muskelfaser allseitig umhüllt und als eigentliche Zellmembran aufzufassen ist. An der frischen Muskelfaser gelingt es unschwer, das Sarkolemma als besondere Membran zu isolieren, wenn man durch chemische oder mechanische Insulte die quergestreifte Substanz zerstört. Dann erhält man es als ganz oder teilweise leeren Schlauch. Das beweist uns zweierlei, einmal,

daß das Sarkolemma viel widerstandsfähiger als das Sarkoplasma, dichter gefügt und chemisch verändert ist, und zweitens, daß das Sarkoplasma nur eine sehr weiche Konsistenz hat.

Die Kerne der Muskelfasern sind meist länglich oval. Über ihren Bau ist nichts Besonderes zu berichten, dagegen wollen wir ihre Lagerung etwas näher betrachten. Bei den Säugetieren und dem Menschen liegen sie dicht unter dem Sarkolemma, also ganz peripher, nach innen zu von einer kaum merklichen Sarkoplasmaschicht bedeckt. Bei niederen Wirbeltieren dagegen finden sie sich sowohl unter dem Sarkolemma, als auch überall durch das Innere der Faser

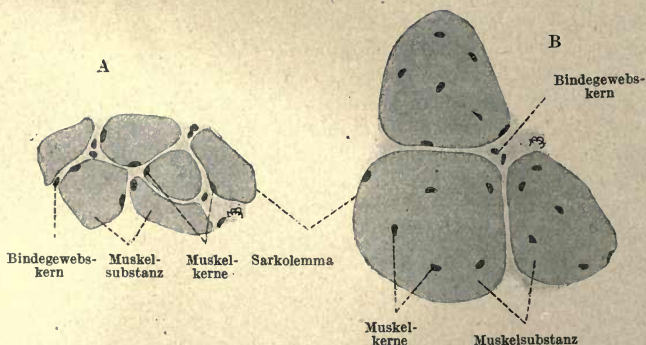


Fig. 80.

Querschnitt von quergestreiften Muskelfasern.

A Vom Menschen, B vom Frosch. Ca. 350mal vergrößert. Es tritt hier das Verhältnis der Muskelkerne zum Sarkolemma hervor.

zerstreut, und zwar sind sie im letzteren Falle immer von einer geringeren oder größeren Ansammlung von Sarkoplasma umgeben (Fig. 80). Jedoch auch beim Menschen ist die ausschließlich periphere Lagerung der Kerne nicht ganz strikt durchgeführt. Fast in jedem Muskel wird man ab und zu einmal eine Faser mit einem oder mehreren zentralen Kernen finden und in den Augenmuskeln ist das ein ganz gewöhnliches Vorkommnis. Es sind dies nämlich die sarkoplasma-reichen oder trüben Muskelfasern.

Wir wenden uns nun zum wichtigsten Bestandteil der Muskelfaser, zur kontraktile Fibrille oder Myofibrille. Die Fibrillen liegen, wie oben schon ausgeführt, innerhalb der Cohnheimschen Felder gleichmäßig verteilt oder, besser gesagt, der Gesamtquerschnitt einer bestimmten Anzahl zusammengelagerter Fibrillen ist ein Cohnheimsches Feld. Die Fibrillen liegen niemals isoliert, sondern sind immer in größerer Zahl miteinander zu Bündeln vereinigt, welche man

als Muskelsäulchen (*Columnae musculares*, Kölliker) bezeichnet. Jedes Muskelsäulchen wird von seinen Nachbarn durch Sarkoplasma getrennt und das, was wir als Cohnheimsche Felder kennen gelernt haben, entspricht den Querschnitten dieser Muskelsäulchen. Innerhalb der Säulchen läßt sich eine die Fibrillen trennende Substanz nur schwer nachweisen, da diese interfibrilläre Substanz homogen und wahrscheinlich wasserreicher ist, als das interkolumnäre Sarkoplasma, obgleich ursprünglich, wie ihre Entwicklung lehrt, beide Substanzen einem gemeinsamen Substrat entstammen, in welchem die Fibrillen entstehen.

Die Fibrillen stellen lange, vollkommen glatte, allerfeinste Fäden dar. Wenn ihr Durchmesser gewöhnlich auf  $1,0\text{--}1,5\ \mu$  angegeben wird, so ist das nach unseren Erfahrungen viel zu hoch gegriffen,  $0,2\ \mu$  dürfte eher das Richtige treffen. Fig. 81 zeigt die Fibrillen nicht mehr glatt, hier sind sie schon infolge der Reagenzwirkung mehr perlschnurähnlich geworden.

Untersucht man die Muskelfaser bei starker Vergrößerung, so sieht man ihre Zusammensetzung aus Fibrillen, welche alternierend aus helleren und dunkleren, d. h. schwächer und stärker lichtbrechenden Abschnitten bestehen. Werden die Fibrillen unter dem Polarisationsmikroskop untersucht, so erscheinen bei gekreuzten Nicols die einen Abschnitte hell in dunklem Feld, sie sind somit doppelbrechend, anisotrop, die anderen Abschnitte dagegen erweisen sich als einfachbrechend, isotrop. Dadurch, daß in den eng aneinander gereihten Fibrillen immer isotrope und anisotrope Abschnitte in derselben Höhe liegen und dicht nebeneinander angeordnet sind, entsteht die charakteristische Querstreifung der Muskelfasern.

Ganz starke Vergrößerungen decken uns aber noch weitere Details in dem Bau der Muskelfaser bzw. der Fibrillen auf (Fig. 82 und 83). Vor allem sehen wir in regelmäßigen Abständen dunkle, ca.  $0,2\ \mu$  dicke Linien, welche ohne Unterbrechung durch die ganze Dicke der Muskelfaser quer verlaufen, indem sie kontinuierlich die sarkoplas-

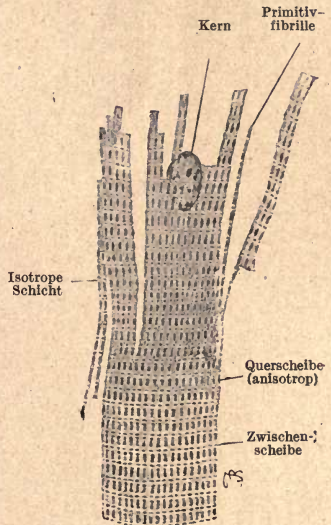


Fig. 81.

Ein in Fibrillen zerfallenes Muskelfaserstück des Frosches.

Ca. 650mal vergrößert.



matischen Interstitien durchsetzen und sich mit dem Sarkolemma verbinden. Es sind das die sog. Grundmembranen (Krause) oder Telophragmen (Heidenhain), von Amici als Zwischenscheiben (Z-Streifen) beschrieben. Diese Grundmembranen bilden Septen,

welche die gesamte Muskelsubstanz in einzelne Segmente, sog. Muskelkästchen, Muskelfächer, Muskelsegmente, Inokommata, auch kürzer Kommata (Heidenhain) scheiden. Ein jedes derartige Muskelsegment (Komma) ist geteilt in zwei Hälften durch eine äußerst feine Membran, die sog. Merckelsche Mittelscheibe, Mittelmembran, Mesophragma (Heidenhain), die ebenfalls kontinuierlich verläuft. In den einzelnen, durch Telophragmen zerlegten Muskelsegmenten (Kommata) ist die fibrilläre Masse aus zwei Substanzen, der iso- und anisotropen, zusammengesetzt, die derart gegliedert erscheinen, daß die anisotrope Substanz die Mittelzone (Q-Streifen) einnimmt, die isotrope endständig gelegen ist (I-Streifen). Selbstverständlich, daß das, was sich auf Fig. 82 als Streifen darstellt, tatsächlich nur der optische Durchschnitt der Scheibe ist. Es werden somit hier die beiden Bezeichnungen: Streifen und Scheibe abwechselnd gebraucht werden. Es scheint, daß die Unterschiede im Verhalten der Q- und I-Streifen ihren Grund in einer un-

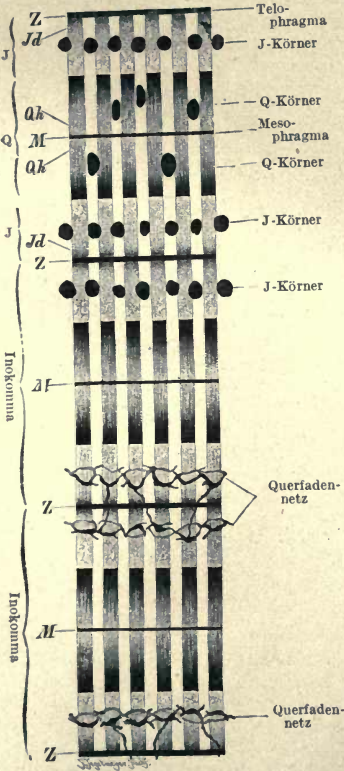


Fig. 82.

Schema der Struktur des quergestreiften Muskels.

Nach M. Heidenhain.

gleichen Substanzdichte haben, der einfachbrechende (isotrope) I-Streifen ist nämlich weniger dicht und wasserreicher als der doppelbrechende (anisotrope) Q-Streifen. Dieser verschiedenen Dichte dürfen auch die erheblichen Unterschiede in der Färbbarkeit der beiden Substanzen zugeschrieben werden. Q zeigt, im Gegensatz zu I, eine bedeutende Affinität zu Farbstoffen. Der anisotrope Q-Streifen wird

durch die Mittelscheibe halbiert. Die Grund- und Mittelmembranen (Z und M) gehören, da sie kontinuierlich die ganze Faser durchqueren, ebensowohl den Fibrillen an, deren Differenzierungen sie darstellen, als auch den sarkoplasmatischen Interstitien, welche von ihnen überbrückt werden. Die Grundmembranen (Z-Streifen) zerlegen die fibrilläre Masse des quergestreiften Muskels in eine große Zahl aufeinander folgender Segmente, welche sich in ihrem Bau völlig gleichen. Seitlich gesehen erscheinen diese Segmentteile zwar als Streifen, sind jedoch, wie oben bemerkt, tatsächlich Scheiben. Jedes Segment beginnt mit einer isotropen Scheibe (I), dann folgt die eine Hälfte der anisotropen Querscheibe (Q), auf diese die Mittelscheibe (M) und nun die zweite Hälfte der anisotropen Querscheibe (Q). Den Abschluß bildet wieder eine isotrope Scheibe (I). Zwei benachbarte Segmente werden durch die Zwischenscheibe (Z) verbunden.

Durch Einwirkung von verschiedenen Agentien, wie Alkohol, Chrom-, Salizyl- und Pikrinsäure, kann man eine Längsspaltung der Muskelfaser in Primitivbündel hervorrufen, welche nachträglich durch Zerrupfen mittelst Nadeln in einzelne kontraktile Fibrillen zerfallen.

Diese Agentien nämlich lockern, resp. lösen das Sarkoplasma auf, welches die Fibrillen zu Bündeln und die Bündel zu ganzen Muskelfasern verbinden.

Bei der Schwierigkeit, die Primitivfibrillen in noch kleinere Einheiten zu zerlegen, ist die Fibrille als letzte Bestandeinheit der quergestreiften Muskelfaser zu betrachten. Das Auftreten einer Differenzierung innerhalb der Fibrille in verschieden beschaffene Abschnitte ist dagegen bloß als ein Moment aufzufassen, welches die Erfüllung der den Muskelfasern zufallenden Funktion erleichtert.

Zwar kann unter dem Einfluß von mehreren Agentien, wie Alkohol und gewisse Säuren, unter bestimmten günstigen Umständen auch ein Zerfallen der Muskelfasern der Quere nach in Scheiben eintreten, doch zeigt eine nähere, genaue Einsicht in den Vorgang, daß dieser

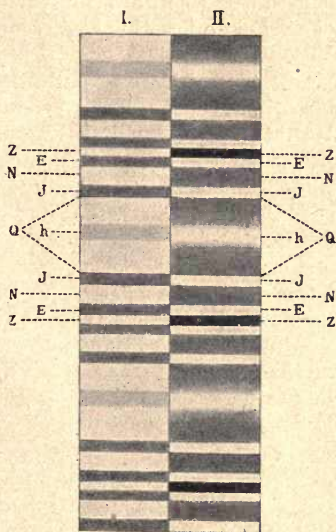


Fig. 83.

Schema der Querstreifung eines Käfermuskels nach Rollett.

I bei hoher, II bei tiefer Einstellung des Objekts; Q Querscheibe, h Mittelscheibe (Hensenscheibe), J isotrope Substanz, N Nebenscheibe, E isotrope Substanz (Endscheibe), Z Zwischenscheibe.

Zerfall künstlich ist. Unter dem Einfluß von gewissen Säurelösungen nämlich quellen die einen Abschnitte der Fibrille, die einen Scheiben mehr als die anderen, so daß die unter normalen Verhältnissen ganz glattrandigen Fibrillen nun die Form von Perlenstäben annehmen. Am stärksten quillt dabei die Querscheibe. Wird die Säurewirkung intensiver, so spaltet sich die Querscheibe der Quere nach und es zerfällt so eine jede Fibrille in einzelne übereinandergelagerte Scheiben, die wie die Stücke in einer Geldrolle liegen und von denen jedes als Mittelstück eine intakte Zwischenscheibe hat.

Eine andere Art des Scheibenzerfalls ist zuerst von Bowman beschrieben und später durch die hervorragenden Untersuchungen Rolletts genauer analysiert worden. Läßt man Käfermuskeln längere Zeit in starkem (93%) Alkohol liegen, so tritt unter Umständen nach 24—28 Stunden ein Zerfall der ganzen Muskelfaser in übereinandergeschichtete Scheiben, sog. Bowmansche Discs, auf. Dabei bleibt die Querscheibe und vor allem die Zwischenscheibe immer intakt und die Trennung erfolgt innerhalb der isotropen Scheiben. Die Tatsache, daß die Zwischenscheibe in beiden Fällen intakt bleibt, spricht für ihre große Widerstandsfähigkeit.

Wir müssen noch die oben erwähnten Einlagerungen des Sarkoplasmas und ihr Verhältnis zur fibrillären Substanz besprechen. Wie schon früher gesagt wurde, besteht ein Teil der im Sarkoplasma enthaltenen Körner aus Mitochondrien. In den Muskelfasern des Erwachsenen treten sie in dem die Kerne umgebenden Sarkoplasma in größerer Anhäufung auf, zwischen den Muskelsäulchen in Form von einzelnen Körnern oder Fäden (Regaud und Favre, Luna). Viel zahlreicher erscheinen sie in den Zellen eines sich entwickelnden Muskels (worüber weiter unten). Neben den Mitochondrien führt das Sarkoplasma noch andere Körner, sog. interstitielle Körnchen (Kölliker) oder Sarkosomen (Retzius). Nach Holmgren kann man zwei Arten von ihnen unterscheiden. Die einen, die I-Körner, liegen im Niveau des I-Streifens, die anderen, die Q-Körner, im Niveau des Q-Streifens (Fig. 84 und 85). Die ersteren haben die Veranlassung gegeben zur Beschreibung einer sog. Nebenscheibe, N-Streifen (Engelmann, Rollet), in den Muskeln der Insekten, welche die I-Scheibe halbiert. Doch haben die Untersuchungen von Retzius erwiesen, daß die sog. Nebenscheibe kein weiteres Differenzierungsprodukt der Fibrillen ist, sondern nur vorgetäuscht wird durch die bei Insekten sehr regelmäßig zwischen den Fibrillen in der Mitte der I-Scheibe zu beiden Seiten des Z-Streifens gelegenen Körner. Ob irgend ein und was für ein Verhältnis zwischen den Sarkosomen und den Mitochondrien besteht, ist nicht bekannt. Die Sarkosomen sollen Lecithin, Glykogen und Fett enthalten. Holmgren nimmt an, daß sie die Aufgabe haben, Reservestoffe aufzuspeichern, welche



bei der Tätigkeit der Muskeln verbraucht werden. Der Gehalt an Sarkosomen ist sowohl bei verschiedenen Muskeln, wie auch in einem und demselben Muskel in verschiedenen Stadien seiner Tätigkeit außerordentlich verschieden; bei andauernd tätigen und flinken Muskeln (Flügelmuskeln, Herzmuskeln) erreichen dieselben einen bedeutenden Ausbildungsgrad, verleihen sogar den Fasern ein getrübbtes Aussehen. Nach Ermüdung des Muskels unterliegt die Anzahl der Q-Körner einer erheblichen Reduktion.

Innerhalb des Sarkoplasmas sind überdies noch gewisse regelmäßige, transversal angeordnete Fadennetze beschrieben worden, die mit der Golgischen Methode leicht nachweisbar sind und die Muskel-

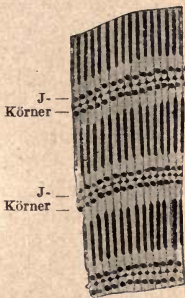


Fig. 84.

Skelettmuskelfasern von *Dytiscus marginalis* in Extension mit gefärbten J-Körnern.

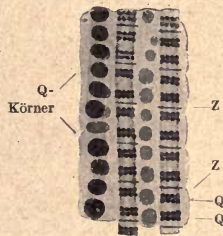


Fig. 85.

Flügelmuskelfasern der Hummel (*Bombus terrestris*) in Extension mit zwei Reihen von gefärbten Q-Körnern.

Beide Figuren nach Holmgren aus M. Heidenhain.

säulchen in der Gegend des Z- respektive M-Streifens umflechten (Retzius, Ramon y Cajal, Fusari, Veratti, Holmgren). Diese Querfadennetze werden von den einen als sarkoplasmatische Strukturen (Fusari, Veratti) angesehen, andere aber (Holmgren, Ramon y Cajal) zählen sie zu den sog. binnenzelligen Fadennetzen oder Trophospongien, welche von Holmgren in verschiedenen Zellarten beschrieben worden sind. Diese Querfadennetze stehen einerseits zu den Sarkosomen in inniger Beziehung, andererseits aber hängen sie nach Holmgren bei den Insektenmuskeln mit den Endzweigen der Tracheenröhrchen, bei anderen Tieren mit dem die Muskelfaser umspinnenden Bindegewebe resp. mit den Blutkapillaren zusammen. Deshalb schreibt Holmgren den Querfadennetzen eine wichtige Rolle bei den Stoffwechselprozessen und vor allem während der Kontraktion des Muskels zu.

Doch fehlt es nicht an Stimmen, die sich gegen eine derartige Erklärung dieser Querfadennetze erheben. Hirschler identifiziert

sie in gewissen Fällen mit den Grundmembranen, in anderen mit den zu Binnennetzen vereinigten Sarkosomenreihen.

Wir wollen nun die Veränderungen, denen der Bau der Muskelfaser während der Kontraktion unterliegt, kennen lernen. Während der Kontraktion wird der Muskel kürzer und sein Umfang nimmt zu, wobei die einzelnen Schichten schwächer werden und gleichzeitig

das Querstreifungsbild sich erheblich ändert (Fig. 86). Man sieht nämlich im Niveau des Z-Streifens ein neues Gebilde, den sog. Kontraktionsstreifen entstehen, der sich stark färbt und das Licht einfach bricht. Zwecks Bildung dieses Kontraktionsstreifens verschmelzen alle Streifen, die zwischen den Q-Streifen liegen. Es hat sich gezeigt, daß die Bildung dieses Kontraktionsstreifens von gleichzeitigen Änderungen im Sarkoplasma abhängig ist, es ändern nämlich während der Kontraktion die I-Körner ihre Lage, indem sie sich an die Zwischenmembran anlagern. Gleichzeitig mit der Entstehung dieses sich intensiv färbenden Kontraktionsstreifens verliert der Q-Streifen seine Färbbarkeit, behält aber seine Doppelbrechung. Dieser früher als „Umkehr der Querstreifung“ bezeichnete Wechsel der Färbbarkeit der Scheiben hat höchstwahrscheinlich seinen Grund in einer Veränderung der Dichte oder der Wasserverteilung innerhalb der fibrillären Masse.

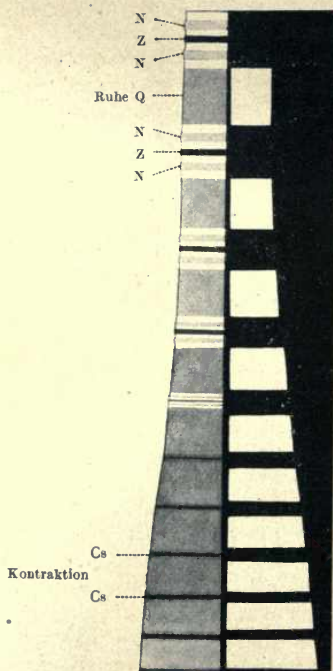


Fig. 86.

Muskelfaser von *Telephorus melanurus* in gewöhnlichem Lichte — links, im polarisierten Lichte — rechts; das obere Ende der Faser in ruhendem, das untere in kontrahiertem Zustande.

Nach Th. W. Engelmann.

beruht der ganze Kontraktionsvorgang auf einer Quellung der anisotropen Substanz. Dieselbe quillt auf Kosten der isotropen Substanz und wesentlich in querrer Richtung, senkrecht zur Fibrillenlängsachse. Im Gegensatze dazu behauptet Ranvier, daß während der Kontraktion die anisotrope Substanz oder die Q-Scheibe tätig ist und daß diese Tätigkeit in der Verkleinerung des Umfanges und in der

Nach der zuerst von Engelmann aufgestellten Hypothese

Verdichtung ihrer Substanz durch Abgabe von Flüssigkeit an die unmittelbare Umgebung besteht. Während der Kontraktion gewinnen die Querscheiben, indem sie niedriger werden, etwas an Breite. Diese Beobachtungen stimmen mit der Tatsache überein, daß der Muskel während der Kontraktion an seiner Länge verliert, dagegen entsprechend an Dicke gewinnt. Die isotrope Substanz spielt während der Kontraktion keine tätige Rolle, sondern verhält sich, da sie eine bedeutende Elastizität besitzt, passiv. Während der Kontraktion kommt somit nach Ranvier die Kontraktilität der Querscheiben und die Elastizität der isotropen Substanz zur Geltung. Die Streifung selbst ist nicht als unumgängliche Bedingung der Kontraktilität zu betrachten, denn auch die glatten Muskelzellen, welche keine Querstreifung aufweisen, sind ebenfalls kontraktile. Die Querstreifung steht jedoch, wie man mit Grund annehmen kann, mit der Geschwindigkeit der Kontraktion im Zusammenhange. Diese Annahme wird auch wirklich durch die Tatsache bestätigt, daß die Fibrillen sich desto rascher kontrahieren, in je kleinere Abschnitte sie durch die Z- und M-Scheiben geteilt sind; denn die Verteilung der kontraktilen Substanz in kleine Teilchen erleichtert und ermöglicht die schnellere Abgabe des Wassers von der Querscheibe in die anliegenden Partien (Ranvier).

Wie aus Obigem ersichtlich, schreiben beide Anschauungen nur den Q- und I-Scheiben eine Bedeutung für die Kontraktion zu, während ihnen zufolge die Z- und M-Scheiben keinen Anteil an dieser Funktion besitzen und ihre Aufgabe nur in der Zergliederung der Fäserchen in eine Reihe kleiner Teilchen besteht. Holmgren deutet die Grundmembranen als „Plasmophoren“, d. h. Vermittler stofflicher Transporte in Querrichtung der Fasern, worin auch die starke Färbbarkeit der Grundmembranen in den Kontraktionsstreifen während der Kontraktion der Fasern ihren Grund haben mag.

Die quergestreiften Skelettmuskeln nehmen ihren Ursprung vom Mesoderm, ihre Entwicklung geht nämlich von den Zellen gewisser Abschnitte des Ursegments aus, welche wir als Muskelplatte oder Myotom bezeichnen. Jedes Myotom besteht aus zylindrischen Zellen, den Myoblasten. Diese Zellen bekommen Ausläufer, welche sich miteinander vereinigen. Diese Brücken werden immer breiter und unter vollständigem Schwund ihrer Grenzen verschmelzen die Myoblasten miteinander, so daß ein einheitliches plasmatisches Synzytium entsteht. Jetzt erst erscheinen in diesem Synzytium die ersten kontraktilen Fibrillen (Godlewski, Mlodowska), wobei, wie Duesberg, Meves und Luna nachgewiesen haben, die Hauptrolle Mitochondrien spielen, welche sich in den Myoblasten zahlreich vorfinden. Sie erscheinen in Form von kleinen, vereinzelt liegenden Körnchen, die sich kettenartig vereinigen, zu Stäbchen verlängern und zu längeren Fäden aneinanderschließen. Die Myofibrillen entstehen durch



direkte Umwandlung der Plastosomen. Diese bilden die Anlagen kontraktiler Fibrillen, in denen nur die weitere Differenzierung in die uns schon bekannten Teilchen stattfindet. Der Z-Streifen entsteht ganz zuletzt. Die Neubildung der Fibrillen durch direkte Differenzierung aus den Plastosomen erfolgt während des ganzen Embryonallebens, nach der Geburt dagegen vermehren sich die Fibrillen nur durch Längsspaltung und können, indem sie innerhalb der Myoblasten in die Länge wachsen, an ihren Enden mit den Fibrillen benachbarter Myoblasten verschmelzen oder aber in die angrenzenden Myoblasten einwachsen. In obiges Verhältnis beiderlei Art treten nicht nur Fibrillen von Myoblasten desselben Myotoms ein, sondern auch von Myoblasten, welche mehreren, hintereinander liegenden Myotomen angehören, wenn sich nämlich die Muskelfaser aus mehreren Myotomen entwickelt. Es ist somit das Wachstum der Fibrillen innerhalb eines Synzytiums unabhängig vom Territorium, in welchem sie entstanden sind (Godlewski, Mlodowska). In den letzten Jahren treten manche Autoren gegen die Ansicht von dem vielzelligen Ursprung der Muskelfaser auf; gleich früheren Forschern nehmen auch sie an, daß die Muskelfaser entwicklungsgeschichtlich aus einer Zelle durch enormes Auswachsen eines einzigen Myoblasten hervorgeht (Franz, Asai). Diese Differenzierung findet zuerst in der Zell-peripherie statt, so daß die junge Muskelfaser zunächst von den quergestreiften, längsverlaufenden Fibrillen mantelförmig umgeben ist. In der Folge schreitet dann unter fortgesetzter Kernteilung und fortwährender Längenzunahme der Faser die Fibrillenbildung immer mehr nach innen zu fort. Die Kerne, welche anfangs in der Achse der jungen Muskelfasern liegen, werden bei den Säugetieren und beim Menschen noch während des Embryonallebens gegen die Peripherie zu verdrängt, bis sie endlich außerhalb des Fibrillenzylinders, innerhalb einer Schicht von Sarkoplasma, die die ganze Faser umhüllt, zu liegen kommen.

Wie sich aus dem oben Gesagten ergibt, müssen die Muskelfasern als eine Kombination von Synzytium und Polykaryozyt angesehen werden.

Das Wachstum des Muskels geht auf zweierlei Weise vor sich. Einmal nehmen seine Fasern an Länge und Dicke zu und zwar dadurch, daß die Fibrillen in die Länge wachsen und sich der Länge nach spalten, wodurch gröbere und fibrillenreichere Fasern entstehen; daneben werden noch neue Fasern gebildet und zwar durch Längsspaltung vorhandener (Weismann, Felix). Die Faser, welche sich zur Spaltung anschickt, ist dadurch charakterisiert, daß sich ihre Kerne in 2—4 Längsreihen anordnen (Weismannsche Kernreihenfasern). Dann erfolgt die Längsspaltung zwischen den Kernreihen, die entstandenen Tochterfasern können sich nach einiger Zeit

wiederum spalten und es entstehen so Bündel eng zusammengelagerter Muskelfasern, die von einer gemeinsamen Bindegewebsschicht umhüllt werden. Solche Weismannsche Bündel trifft man nicht nur beim Embryo und beim Kinde, sondern auch beim Erwachsenen, denn es ist höchst wahrscheinlich, daß während des Lebens Muskelfasern fortwährend zugrunde gehen und durch neue ersetzt werden, die in obiger Weise durch Längsspaltung entstanden sind.

Die Regeneration des Muskels bei geringen Substanzverlusten geht vom Sarkoplasma aus; dieses vermehrt sich neben gleichzeitiger Vermehrung der Kerne durch indirekte Teilung. Aus diesem so gebildeten Sarkoplasma differenzieren sich dann die kontraktile Fibrillen.

Das quergestreifte Gewebe der Skelettmuskeln findet sich außer in letzteren noch in den Muskeln der Augenhöhle, den Muskeln der Paukenhöhle, im obersten Abschnitt des Verdauungs- und Atmungstraktes, also in der Zunge, dem Schlundkopf, dem Kehlkopf und dem oberen Teil des Ösophagus, am Mastdarmende und an den Geschlechtsorganen. Alle diese Muskeln sind dem Willen unterworfen, mit Ausnahme der Ösophagusmuskeln und des *M. cremaster externus*.

#### IV. Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe setzt sich zusammen aus Zellen, deren hervorstechendste morphologische Eigentümlichkeit darin besteht, daß von ihrem Körper Fortsatzbildungen ausgehen, deren Zahl, Verbreitung und Längenausdehnung außerordentlich großen Schwankungen unterliegen. Alle Zellen des Nervengewebes sind ursprünglich gleichwertige, fortsatzlose Bestandteile des äußeren Keimblattes. Wenn sich\* das letztere zum Medullarrohr geschlossen hat, erfolgt in den seine Wand in mehrfacher Schicht zusammensetzenden Zellen eine durchgreifende Sonderung. Die einen bilden sich zu typischen Nervenzellen um, zu sogenannten Neuroblasten, die anderen dagegen übernehmen die mehr untergeordnete Rolle von Stützelementen, die wir als Spongioblasten bezeichnen.

Die Neuroblasten sind anfangs von runder Form und besitzen einen ziemlich großen rundlichen Kern. In seiner Nähe bilden sich in dem Zellkörper Fasern aus, die netzförmig miteinander verbunden sind. Es sind dies die Neurofibrillen. Das Neurofibrillennetzwerk nimmt immer mehr zu, während die Zelle ihre Form verändert und birnförmig wird. Es durchdringt den ganzen Zellkörper, umhüllt den Kern und dringt auch als dickes Bündel in den verschmälerten, zur Peripherie des Nervenrohres gerichteten Teil des Zellkörpers ein. Dann verlängert sich dieser Teil des Zellkörpers immer mehr, er erreicht so die Peripherie des Nervenrohres, tritt

schließlich aus diesem aus und nimmt seinen Weg zu einer bestimmten Muskelfaser, um sie mit der Nervenzelle zu verbinden.

Gleichzeitig mit diesem Hauptfortsatz bilden sich aber noch weitere Fortsätze des Zellkörpers, in die ebenfalls Neurofibrillen hineindringen, so daß wir schließlich ein Zellgebilde mit zahlreichen Fortsätzen erhalten, das von Neurofibrillen nach allen Richtungen durchzogen wird. In den Fortsätzen verlaufen die Fibrillen mehr oder weniger dichtgedrängt und parallel, im Zellkörper dagegen treten sie zu Netzbildungen zusammen.

Die Fortsätze haben die Aufgabe die einzelnen Nervenzellen untereinander zu verbinden, gleichzeitig wird aber auch durch sie die Verbindung bestimmter Nervenzellen mit ihrem Endorgan — Muskelfaser, Sinneszelle — vermittelt. Diejenigen Fortsätze, welche dem Zellkörper Reize entweder von anderen Nervenzellen oder von außen her durch Vermittelung von Sinneszellen zuleiten, bezeichnen wir als Dendriten; denjenigen, in der Einzahl vorhandenen Fortsatz, welcher von der Zelle fortleitet, dagegen als Neuriten.

Der Neurit kann sich in größerer oder geringerer Entfernung von der Zelle mit besonderen Scheiden umgeben, er wird dadurch zu einer Nervenfasern, die ihr Ende entweder im Zentralorgan findet oder aus diesem austritt. Bei den motorischen Zellen des Rückenmarks wird so der Neurit zu einer markhaltigen Nervenfasern, die aus dem Rückenmark austritt und oft lange Strecken im Körper zu durchmessen hat, um zu einer ganz bestimmten Muskelfaser zu gelangen. Die übrigen vom Körper der motorischen Zellen ausgehenden Fortsätze, d. h. die Dendriten, bleiben dagegen im Rückenmark und umgeben sich nicht mit Scheiden.

Bei der sensiblen Zelle, wie sie sich in den Spinalganglien findet, umgibt sich nicht nur der Neurit, sondern auch der hier in der Einzahl vorhandene Dendrit mit Scheiden. Beide werden zu markhaltigen Nervenfasern. Der Dendrit stellt die von der Peripherie, der Haut, her in das Spinalganglion eindringende sensible Nervenfasern dar; der Neurit verläßt das Spinalganglion, um als hintere Wurzelfaser in das Rückenmark einzudringen.

Eine solche Nervenzelle mit allen ihren Fortsätzen hat man auch als ein Neuron (Waldeyer) bezeichnet. Es baut sich dann das ganze Nervensystem aus lauter einzelnen Neuronen auf. Wir können andererseits auch sagen: das Nervengewebe baut sich aus Zellen, Nervenzellen und Fasern, Nervenfasern auf, müssen aber dabei immer im Auge behalten, daß letztere Fortsätze der ersteren sind.

Auch die Spongioblasten bleiben nicht einfache rundliche Zellen, sondern entwickeln Fortsatzbildungen der verschiedensten Art. Sie bilden einmal ein die Höhlen der Zentralorgane auskleidendes Epithel, oder sie lassen wieder aus ihrem Zellkörper Fasern entstehen,



Fig. 87.

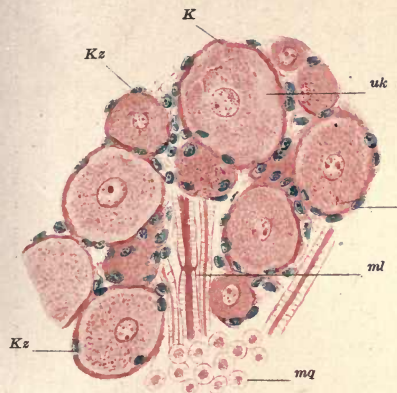


Fig. 88.

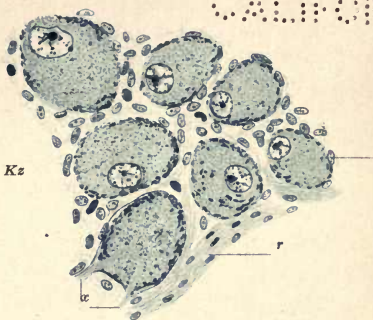


Fig. 89.

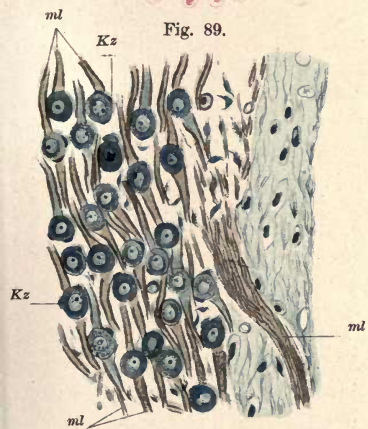


Fig. 90.

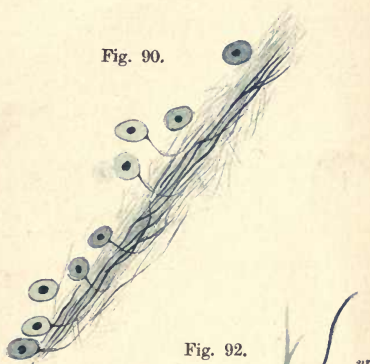


Fig. 92.



Fig. 91.



Library of  
California

## Erläuterung zu Tafel VIII.

Fig. 87.

Spinalganglion der Katze. Färbung nach Biondi-Heidenhain. *uk* Ursprungskegel des Zellfortsatzes, *k* Holmgrensches Kanälchen, *kz* Kapselzellen, *ml* markhaltige Fasern, längsgeschnitten, *mq* markhaltige Fasern, quergeschnitten.

Ca. 800 mal vergrößert.

Fig. 88.

Ganglion cervicale supremum der Katze. Färbung mit Hämatoxylin. *kz* Kapselzellen, *r* sympathische Fasern im Längsschnitt. Bei *x* zwei Zellausläufer.

Ca. 800 mal vergrößert.

Fig. 89.

Ganglion spirale des Meerschweinchens. Färbung mit Hämatoxylin. *kz* Kapselzellen, *ml* markhaltige Fasern, deren Markscheide durch Osmiumbehandlung geschwärzt erscheint.

Ca. 200 mal vergrößert.

Fig. 90.

Unipolare Nervenzellen der Radix descendens nervi trigemini des Kaninchens. Vitale Methylenblaufärbung.

Ca. 100 mal vergrößert.

Fig. 91.

Motorische Vorderhornzelle des Kaninchenrückemarks. Vitale Methylenblaufärbung. *nr* Neurit mit Kollateralen (*kol*). Die Dendriten sind abgeschnitten.

Ca. 550 mal vergrößert.

Fig. 92.

Motorische Seitenhornzellen des Kaninchenrückemarks. Vitale Methylenblaufärbung. *nr* Neurit.

Ca. 550 mal vergrößert.



ganz ähnlich wie der Fibroblast kollagene Fasern entwickelt. Die Fasern bezeichnen wir als Gliafasern, sie bilden ein Stützgerüst der nervösen Zentralorgane und werden mit ihren Mutterzellen zusammen unter dem Namen des Gliagewebes oder der Neuroglia zusammengefaßt.

## 1. Die Nervenzelle.

Wir können an jeder Nervenzelle folgende einzelne Bestandteile unterscheiden, die bei der großen Kompliziertheit ihres Baues eine getrennte Besprechung erheischen: 1. den Kern, 2. den Zellkörper und 3. die Zellfortsätze, und zwar a) die Dendriten und b) den Neurit.

### 1. Der Kern der Nervenzelle.

Der Kern der Nervenzelle ist meist rund, d. h. also kugelig, seltener ovoid (Fig. 87, 88, 97). Manchmal zeigt er an seiner Oberfläche seichte Einbuchtungen, Dellen. Immer wird er umgrenzt von einer scharf abgesetzten Kernmembran, von der Chromatinkörperchen und -stränge radiär nach innen strahlen. Sie finden meist ihre Vereinigung in der Gegend des Kernzentrums in einer Chromatinmasse, welche den Nukleolus umschließt. Dieser letztere repräsentiert den hervorstechendsten Teil des ganzen Kerns; er ist meist vollkommen rund und von einer Größe, wie ihn mit Ausnahme der Eizelle wohl keine andere Zelle des tierischen Körpers zeigt. Der Kern der Nervenzelle ist anderen Zellkernen gegenüber durch reichen Gehalt an einem mit sauren Farbstoffen sich färbenden Chromatin ausgezeichnet. Es ist das schon im allgemeinen Teile uns bekannt gewordene Oxychromatin. Basichromatin findet sich im Nervenzellenkern nur in ganz verschwindender Menge. Der Nukleolus besteht, wie wir früher gesehen haben, gewöhnlich aus dem oxyphilen Pyrenin, auch hier in der Nervenzelle ist er meist vollkommen oxyphil, so daß der ganze Kern bei Färbung in Farbgemischen nur in einer Farbe erscheint (Fig. 87), doch zeigt andererseits der Nukleolus manche Übereinstimmung mit dem Chromatin, so daß er hier wohl eine Mittelstellung einnehmen dürfte.

### 2. Der Körper der Nervenzelle.

Hier wären zunächst einige Angaben über Form und Größe der Nervenzelle am Platz. Die Nervenzellen haben eine sehr verschiedene Größe: bei Säugetieren von einem Durchmesser von 4 bis 135  $\mu$ , überschreiten sie bei Fischen und Wirbellosen manchmal sogar 200  $\mu$ . Ihre Form ist in hohem Grade abhängig von der Zahl der Fortsätze und der Art und Weise, wie die Fortsätze den Zellkörper verlassen. Zellen mit einem Fortsatz sind meist rund oder

birnförmig. Gehen von der Zelle zwei Fortsätze aus, so tritt gewöhnlich eine polare Anordnung ein und der Zellkörper wird mehr in die Länge gezogen, ja das kann so weit gehen, daß der Zellkörper nichts weiter als eine leichte Verdickung im Verlauf der Nervenfasern darstellt.

Wir können die Nervenzellen nach der Zahl ihrer Fortsätze unterscheiden in unipolare, bipolare und multipolare Zellen.

Bei der unipolaren Zelle (Fig. 90) haben wir einen kugel- oder birnförmigen Zellkörper, aus dem ein einziger meist verhältnismäßig dicker Fortsatz entspringt. Solche Zellen finden wir als Ursprungszellen der Fasern der Radix descendens n. trigemini und in der Netzhaut. Auch die Spinalganglienzellen der Säugetiere und des Menschen stellen solche unipolare Zellen dar, doch handelt es sich hier nur um eine scheinbare Unipolarität. Es teilt sich nämlich der von der Zelle ausgehende Fortsatz nach kurzem Verlauf T-förmig und läßt zwei Nervenfasern aus sich entstehen, von denen die eine ins Rückenmark eintritt, die andere zur Peripherie des Körpers geht. In Wirklichkeit kommt aber die letztere von dort her; leitet Reize zur Zelle hin, d. h. zellulipetal, stellt also einen Dendriten dar. Die andere dagegen leitet zellulifugal und bildet den eigentlichen Neuriten. Wir haben hier also Neuriten und Dendriten eine kurze Strecke vereinigt. Das ist bei diesen Zellen nicht immer so. Im Embryonalleben sind sie lange Zeit hindurch bipolar. Mit fortschreitender Entwicklung nähern sich jedoch die beiden Fortsätze und verschmelzen miteinander zu einem einzigen (Fig. 93).

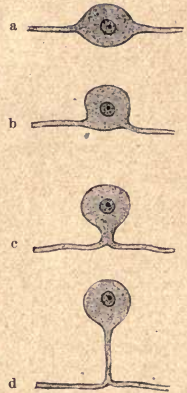


Fig. 93.

Halbschematische Darstellung der Übergangsformen von bipolaren zu unipolaren Nervenzellen (type en T).

**Bipolare Nervenzellen.** Der rundliche, ovale oder spindelige Zellkörper geht jederseits in einen eine Nervenfasern bildenden Fortsatz über. Solche Zellen finden wir beim Menschen im Ganglion spirale (Fig. 89) und im Ganglion vestibulare des N. acusticus; bei den Fischen setzen sich aus ihnen die Spinalganglien zusammen.

**Multipolare Nervenzellen.** Sie bilden bei dem Menschen die große Masse aller Nervenzellen der Zentralorgane und die Zellen der peripheren sympathischen Ganglien. Die multipolare Nervenzelle besitzt zahlreiche Fortsätze, von denen immer einer zellulifugal leitet und den Neuriten bildet. Alle übrigen sind Dendriten (Fig. 91, 92, 94, 95). Die Form solcher multipolarer Zellen ist außerordentlich verschieden. Bald sind sie groß, polygonal und die Fortsätze erheben sich allmählich aus dem Körper (Fig. 91, 94), bald sind sie klein,

kugelig und die Fortsätze treten scharf abgesetzt heraus (Fig. 104). Der Zellkörper kann stark in die Länge gezogen sein (Fig. 92), ja, er kann auch hier völlig spindelig werden. Bei gewissen Zellen der Großhirnrinde ist der Zellkörper exquisit pyramidenförmig (Fig. 95), bei den mächtigen Purkinjeschen Zellen der Kleinhirnrinde dagegen kugelig oder birnförmig (Fig. 96).

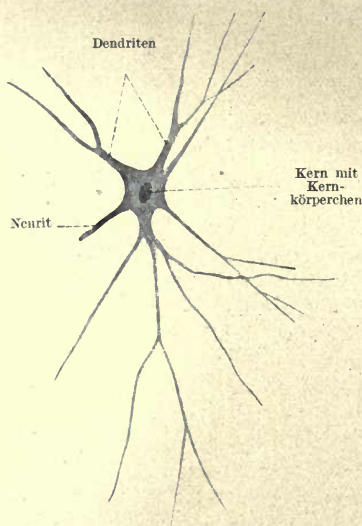


Fig. 94.

Fig. 94. Multipolare Nervenzelle aus dem verlängerten Mark des Kaninchens. Nervenfortsatz (Neurit) abgerissen.

Ca. 150 mal vergrößert.

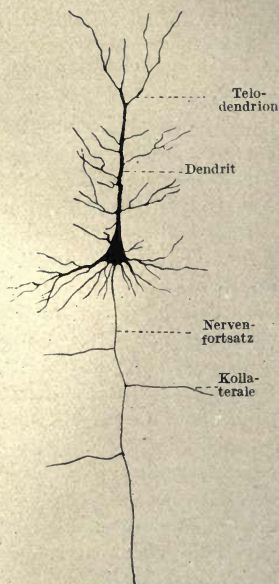


Fig. 95.

Fig. 95. Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde des erwachsenen Menschen (nach einem Präparat von Dr. A. Bochenek).

Ca. 150 mal vergrößert.

Das Zytoplasma der Nervenzelle enthält schon im Leben Körnchen, deren Größe und Dichtigkeit von der Tierart und dem Alter abhängig sind. Diese Körnchen entsprechen jedoch nicht den gleich zu behandelnden Nisslkörpern, die erst an entsprechend fixiertem Materiale sichtbar werden.

Das Nervenzellenzytoplasma zeigt im übrigen im fixierten Zustand eine Alveolar- oder Wabenstruktur.



Färbt man gut konservierte Nervenzellen mit Hämatoxylin oder mit basischen Teerfarbstoffen, so zeigen der Zellkörper sowie die aus ihm entspringenden Dendriten ein exquisit scheckiges Aussehen. Dies rührt von eigenartigen Einlagerungen in den Zellkörper her, die, zuerst von Flemming gesehen und beschrieben, vor allem durch die Untersuchungen von Nissl in den Vordergrund des Interesses gerückt und als Nisslsche Granula, Nisslschollen, Tigroid oder basophile Körper beschrieben worden sind. Diese basophilen Körper finden sich nur mit Ausnahme der kleinsten Zellen (Körnerzellen der Kleinhirnrinde, Bipolaren der Retina), in allen Nervenzellen, jedoch in sehr verschiedener Form, Menge und Ver-



Fig. 96.

Purkinjesche Zelle aus der menschlichen Kleinhirnrinde.

Ca. 225 mal vergrößert.

teilung, die von der Zellenart und dem Funktionszustand der Zelle abhängen. Das Tigroid tritt entweder in Form von äußerst feinen Körnchen auf oder in Form von unregelmäßigen Spindeln, Stäbchen oder vieleckigen Brocken und Schollen. Am reichlichsten erscheint es in Zellen mit langer Achsenfaser. So enthalten es die multipolaren motorischen Zellen des Rückenmarks in Form von ziemlich groben, länglich polygonalen Schollen, die dicht zusammenliegen und dem Zellkörper ein charakteristisches, getigertes Aussehen verleihen (Fig. 97). Bei stärkster Vergrößerung erweisen sich diese Schollen wieder aus feinen Granulis zusammengesetzt, die in eine Grundsubstanz eingebettet sind. In bezug auf die in den Nervenzellen befindlichen Neurofibrillen sind die basophilen Körper interfibrillär angeordnet.

Sie durchsetzen den ganzen Zellkörper und treten auch weit in die Dendriten hinein. Die Stelle, wo der Neurit aus der Zelle tritt, ist, wie er selbst, frei von basophilen Körpern. In den Spinalganglienzellen sind sie meist feiner als in den motorischen Zellen, so daß die Zelle oft wie fein bestäubt aussieht (Fig. 87). In den sympathischen Zellen häufen sich gröbere Schollen in der Zellperipherie zu einem dichten Kranze an, während der übrige Zellkörper nur feine Körnchen enthält (Fig. 88).

Die basophilen Körper zeigen eine große Verwandtschaft zu basischen Farbstoffen, wie Methylenblau, Thionin, Methylviolett etc., doch sind sie nicht in so strengem Sinne basophil, wie etwa das Chromatin der Kerne in den meisten Körperzellen.

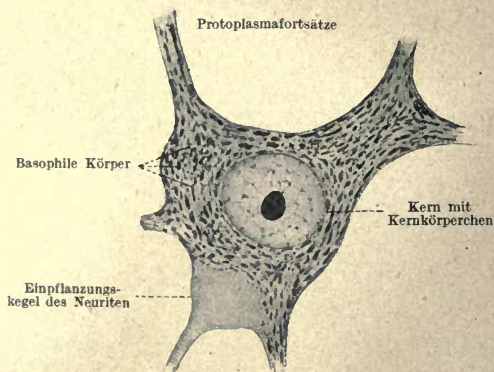


Fig. 97.

Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarkes eines Kalbes.

Die basophilen Körper sind mit Methylenblau (Methode von Nissl) gefärbt. Ca. 950mal vergrößert.

Was nun die chemischen Eigenschaften der Nisslschollen anbelangt, so besitzt nach Held die Tigroidsubstanz alle Eigenschaften eines Nukleoproteids, nach Scott und Erhard verhält sie sich auch in mikrochemischer Hinsicht (Pepsin- und Trypsinverdauung) genau so wie das Kernchromatin. Nach Mühlmanns Meinung unterscheidet sich jedoch das in den Nisslkörpern enthaltene Nuklein wesentlich von jenem der Kerne, und zwar durch die Beimischung eines Eiweißkörpers. Van Herwerden definiert die Substanz der Nisslschollen als eine aus Nukleinsäureverbindungen aufgebaute, Unna und Gans endlich behaupten im Gegenteil, daß die Nisslkörpern nukleinfrei sind und aus Albumose bestehen.



Im frischen Zustande, *intra vitam*, sind sie nicht zu erkennen. Die chromatophile Substanz ist somit nicht in Form der Nisslkörper vorgebildet, sondern letztere entstehen erst bei der Fixierung infolge des Niederschlages der im Zytoplasma enthaltenen kolloidalen Körnchen (Held, Collin) und werden erst bei der Behandlung der Zellen mit Eiweiß fällenden Reagenzien sichtbar. Obwohl die Anschauungen über die Natur der Nisslschollen noch geteilt sind, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß sie im Leben der Nervenzellen eine ganz wesentliche Rolle spielen. Gewisse Autoren fassen das Tigroid direkt als ein vom Kern ausgeschiedenes Chromatin auf (Goldschmidt), andere als ein Differenzierungsprodukt des Protoplasmas, wiederum andere als Vorratsstoff von rein nutritivem Charakter (van Gehuchten). Wahrscheinlich handelt es sich jedoch um Eiweißkörper, welche ihre Entstehung dem Stoffwechsel der Nervenzelle verdanken, um Körper, welche bei Ermüdung, unzureichender Ernährung der Zelle, bei Vergiftung durch Alkaloide, bei Außere funktionsetzung der Zelle, z. B. nach Nervendurchschneidung, sowie bei anderen pathologischen Zuständen zerfallen (Tigrolyse) und nicht weiter gebildet werden.

Untersuchungen der letzten Jahre haben erwiesen, daß die Tigroidsubstanz in genetischer Verwandtschaft zu dem Kern steht (Holmgren, Sjövall, Scott), weshalb M. Heidenhain das Tigroid als Zytochromatin anspricht und annimmt, das Tigroid sei bei dem relativ geringen Volumen des Kerns eventuell bestimmt, die Masse desselben zu substituieren und die Tätigkeit des Kerns zu ergänzen.

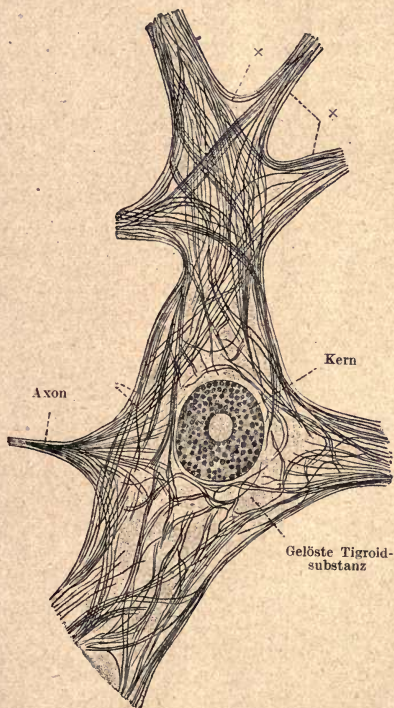


Fig. 98.

Vorderhornzelle des Menschen. Fibrillenfärbung.

× Oberflächliche Fibrillenbündel von einem Dendriten in den anderen übertretend. Nach Bethe aus Heidenhain.



In Einklang mit dieser Annahme steht die Beobachtung, daß die Menge der Tigroids substanz und das Volumen des Kernchromatins

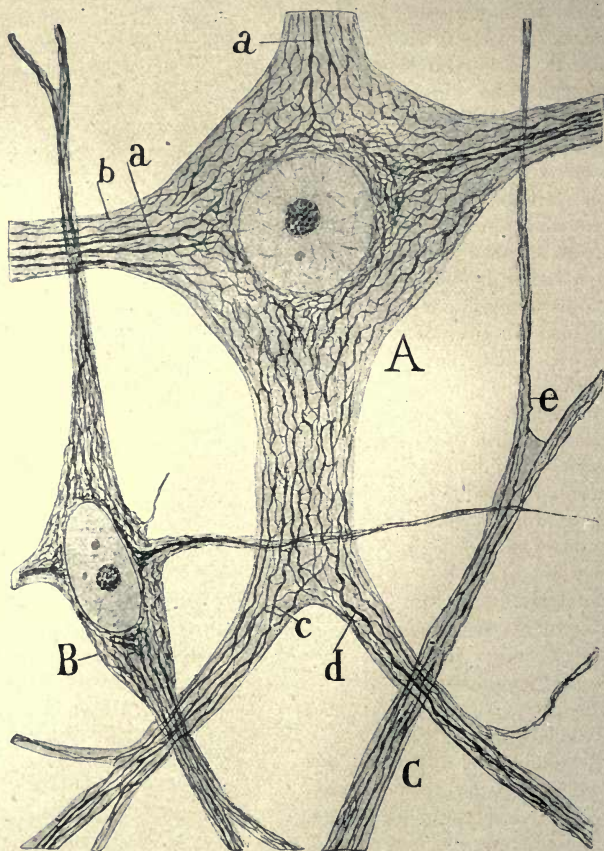


Fig. 99.

Nervenzellen (Strangzellen) eines jungen Kaninchens. Silbermethode.

A große, B kleine Nervenzelle, C Dendrit. a Dicke Fibrillen, welche unter Teilung in das perinukleäre Netz übergehen; b oberflächliche feinere Fibrillen, welche mit dem kortikalen Netz des Zelleibes zusammenhängen; c und d dicke Fibrillen, welche unter Teilung miteinander anastomosieren; e Verteilung der Neurofibrillen auf zwei Gabeläste des Dendriten. Nach Ramón y Cajal, aus Schiefferdecker, Neurone.

in umgekehrtem Verhältnis stehen. Ebenso spricht für sie die Tatsache, daß Zellen mit kleinen Kernen reichliche Nisslsubstanz, solche mit großen Kernen spärliches Tigroid aufweisen (Erhard).

Neben den Nisslschen Körperchen lassen sich mittelst spezieller Methoden im Zytoplasma der Nervenzellen Mitochondrien nachweisen (Busacca, Luna, Schirokogoroff). Sie erscheinen meist in Form kleiner Körner oder Stäbchen, die oft reihenweise in den Zwischenräumen zwischen den Nisslschollen gelegen sind, seltener in Form von Fädchen. In welchem Verhältnis sie zu den in der Nervenzelle enthaltenen Neurofibrillen stehen, ist derzeit noch nicht definitiv aufgeklärt. Oft sind sie regelmäßig der Länge nach dem Verlaufe der Nervenfibrillen entsprechend angeordnet. Im allgemeinen liegen sie dichter in einer den Kern umgebenden Schicht, treten aber nach der Peripherie der Zellen zu immer spärlicher auf. Am deutlichsten treten die Mitochondrien in den Zellen des Rückenmarks, der Medulla oblongata und in den Purkinjeschen Zellen auf. In den Zellen der Spinalganglien sind sie zarter und kleiner, in den Hirnzellen aber sehr spärlich vertreten.

Außerdem enthält der Leib der Nervenzellen als häufigen Einschuß Pigment in Form von feinsten gelbbraunen Körnchen, die entweder in dem ganzen Leib der Zelle zerstreut oder in einen oder zwei Haufen konzentriert sind. Am häufigsten sind sie fettiger Natur — Lipochrome. Das Pigment kann in manchen Zellen so stark auftreten, daß dadurch eine makroskopisch schon erkennbare Färbung der von den betreffenden Zellen okkupierten Stellen eintritt (Locus coeruleus, am Boden des IV. Ventrikels, Substantia nigra im Hirnschenkel). Einen weiteren normalen, in reichlicher Menge vorhandenen Bestandteil der Nervenzellen bilden lipoid Substanzen, welche hier teilweise an Pigmente gebunden sind (Lipochröme). Es sind dies überwiegend isotrope Substanzen mit der mikrochemischen Reaktion der Fettsäuren (Rachmanow). Sie erscheinen in Form von äußerst kleinen Körnchen im Protoplasma des ganzen Zellkörpers gleichmäßig zerstreut oder auch in Form von etwas größeren Körnchen, Stäbchen und Fädchen. Luna stellt die Lipoidkörnchen zu den Mitochondrien in engere Beziehung. Sowohl die lipoid Körnelung der Nervenzelle, wie auch die Pigmentbildung nimmt mit fortschreitendem Alter zu; dies legt den Gedanken nahe, daß man es hier mit regressiven Erscheinungen zu tun hat, deren Auftreten sich in einer Verminderung der Leistungsfähigkeit der Nervenzellen manifestiert. Auch Kristalle von eiweißartigen Körpern hat man in der Nervenzelle gefunden (Cesa-Bianchi), und zwar bei manchen Tieren während des Winterschlafes; sie scheinen einen Reservestoff zu enthalten.

Den wichtigsten Bestandteil der Nervenzellkörper bilden aber die Neurofibrillen. Schon seit langem bekannt (Max Schultze), sind sie eine Zeitlang gegenüber den basophilen Körpern ganz in den Hintergrund getreten. Ja, man hat sogar ihre Existenz zeitweise

ganz gelegend, da sie in der lebenden Nervenzelle nicht zu sehen sind. Heute ist dieselbe durch die Arbeiten von Apáthy, Bethe, Ramón y Cajal und anderen absolut sicher gestellt, wenn auch über die Anordnung der Neurofibrillen und ihr gegenseitiges Verhalten noch keine Einigung erzielt worden ist. Hauptsächlich handelt es sich darum, ob die Fibrillen innerhalb des Zellkörpers Netze bilden (Ramón y Cajal, M. Heidenhain) oder ungeteilt diesen durchziehen (Bethe, Held, Apáthy). Die Fig. 98 nach Bethe und 99 nach Ramón y Cajal mögen die Ansichten der

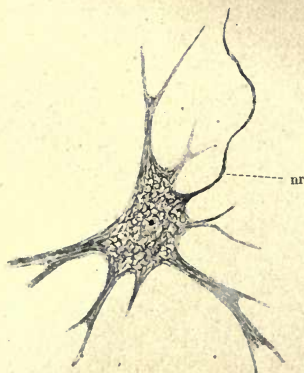


Fig. 100.

Fig. 100. Vorderhornzelle aus dem Rückenmark des Kaninchens mit Fibrillen. Nach der Bielschowsky-Methode dargestellt.

nr = Neurit. Ca. 600 mal vergrößert.



Fig. 101.

Fig. 101. Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde des Kaninchens mit Fibrillen. Nach der Bielschowsky-Methode behandelt.

nr = Neurit. Ca. 600 mal vergrößert.

beiden Forschergruppen illustrieren. Netze scheinen unzweifelhaft vorzukommen, aber nicht bei allen Nervenzellen. Fig. 100 stellt eine motorische Vorderhornzelle dar. Man sieht hier die Fibrillen aus den Dendriten heraus in den Zellkörper treten. Deutlich kann man dabei im Inneren des Zellkörpers Fibrillenzüge erkennen, welche aus einem Dendriten in einen anderen übergehen. Außerdem lösen sich aber zahlreiche Fibrillen in ein grobes Netzwerk auf, welches in den oberflächlichen Schichten des Zellkörpers gelegen ist. Aus diesem Netzwerk strahlen Fibrillen in großer Zahl in den Neuriten (Fig. 100 nr) ein, der im übrigen aber auch direkt Fibrillen aus den



Dendriten aufnimmt. Konstanterweise finden sich kleine Fibrillennetze an den Gabelungsstellen der Dendriten. Ganz ähnliche Verhältnisse bietet uns die in Fig. 101 dargestellte Pyramidenzelle der Großhirnrinde in bezug auf den inneren Fibrillenverlauf. Ein peripheres Fibrillennetzwerk ließ sich hier jedoch nicht nachweisen. In den sympathischen Zellen (Fig. 102) scheinen ebenfalls echte Netzbildungen nicht vorzukommen. Hier bilden die Fibrillen einmal eine ziemlich dichte Mantelschicht, von welcher zahlreiche Fibrillen abschwenken, um in geschlängeltem Verlauf gegen den Kern hinzu- ziehen, wo sie, wie man an den zahlreichen Querschnitten erkennen kann, ziemlich scharf umbiegen. Sie durchkreuzen und durchflechten sich vielfach, ohne sich jedoch zu Netzen miteinander zu verbinden.

Außer den oben beschriebenen Bildungen

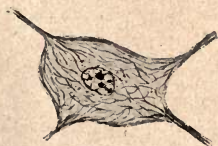


Fig. 102.

Zelle aus dem Ganglion cervicale inferius der Katze mit Fibrillen. Nach der Bielschowsky - Methode behandelt.

Ca. 600 mal vergrößert.

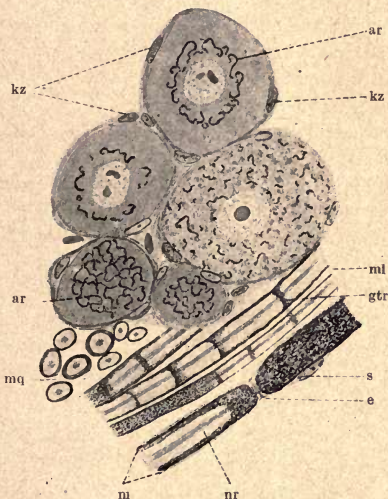


Fig. 103.

Spinalganglien des Kaninchens mit Osmiumtetroxyd behandelt.

ar apparato reticolare; kz Kapselzellen; ml markhaltige Fasern längs getroffen mit Ranvierscher Einschnürung (e), Markscheide (m), Golgitrichern (gtr), Schwannscher Scheide (s); Achsenzylinder (nr); mq markhaltige Fasern; querschnitt. Ca. 900 mal vergrößert.

sind nun im Körper der Nervenzelle noch eine ganze Reihe anderer Bestandteile beschrieben worden, von denen zunächst die Zentralkörper erwähnt sein mögen. Solche Zentralkörper sind meist in der Zweizahl, dicht am Kern gelegen, von mehreren Forschern (Schaffer, von Lenhossék, Dehler, Bühler und anderen) bei den verschiedensten Tieren gefunden worden. Neueren Untersuchungen zufolge (Cesa-Bianchi) kommen Zentralkörper nur in embryonalen oder jugendlichen Nervenzellen vor, in der erwachsenen Nervenzelle dagegen lassen sie sich nicht mehr nachweisen.

Camillo Golgi, der verdienstvolle Forscher auf dem Gebiete des Nervensystems, beschrieb zuerst in den Nervenzellen eigenartige Netzbildungen, die er als *apparato reticolare interno* bezeichnete (Fig. 103). Spätere Untersuchungen über dieses Binnennetz, wie man es auch genannt hat, haben gezeigt, daß es sich hier nicht um eine charakteristische Bildung der Nervenzellen handelt, sondern daß solche Binnennetze in allen anderen Zellarten vorkommen und einen konstanten Bestandteil aller Zellen bilden (siehe Seite 22 und Tafel II).

Schließlich sei noch jener kanalartiger Bildungen gedacht, die Holmgren im Körper der Nervenzelle unter dem Namen des *Trophospongiums* beschrieben hat. Es sind dies helle Züge im Zellkörper, wie sie auch unsere Fig. 87 (k) zeigt. Sie sollen nach Holmgren Spalten, Saftkanälchen im Zellkörper darstellen, die sich an der Zellperipherie öffnen, und in die von außen her Fortsätze der Zellkapsel eindringen. Spätere Forschungen ergaben, daß die von Holmgren beschriebenen Trophospongien in zwei Gruppen zu trennen sind, da sie zwei ganz heterogenen Bildungen entsprechen. Die einen von ihnen verdanken ihre Entstehung dem Einwuchern der Ausläufer des Hüllgewebes in den Leib der Nervenzelle (Fig. 87) und erscheinen stärker ausgebildet vor allem bei niederen Tieren, die anderen dagegen stellen uns den Golgischen Netzapparat oder sein Negativ dar, welcher durch die angewandten Reagenzien ausgelaut wurde (s. S. 22).

### 3a. Die Dendriten der Nervenzellen.

Die Dendriten oder Protoplasmafortsätze entwickeln sich, wie wir gesehen haben, später als der Neurit. Sie können ausnahmsweise ganz fehlen, sind jedoch bei den meisten Nervenzellen in der Mehrzahl vorhanden und erheben sich meist mit breiter Basis aus dem Zellkörper, um sich unter fortgesetzter Teilung immer mehr zu verzweigen. Es können so außerordentlich weitläufige, baumförmige Bildungen entstehen (Fig. 96), wie wir sie vor allem in den Purkinjeschen Zellen des Kleinhirns und den Ganglienzellen der Retina finden. Die von Camillo Golgi ausgearbeitete Methode der Chromsilberimprägnation, meist kurz als Golgimethode bezeichnet, hat uns erst eine Vorstellung von der weiten Verzweigung dieser Gebilde gegeben. Bei solchen Golgipräparaten erscheinen die Dendriten immer wie bereift, wie mit kleinen Knötchen und Wärrchen besetzt (Fig. 96). Man hat früher auf diese Erscheinungen einen großen Wert gelegt. Jetzt wissen wir, daß sie Kunstprodukte darstellen, entstanden durch Silberniederschlag. Die Dendriten sind in Wirklichkeit glatt und laufen schließlich in allerfeinste Fäden aus.

Die Dendriten bestehen der Hauptsache nach aus parallel verlaufenden Neurofibrillen, die in eine homogene Grundsubstanz eingebettet sind. Da, wo der Dendrit den Zellkörper verläßt, und auch noch ein Stückchen weiter, sind in seine Substanz basophile Körper eingelagert, meist in spindliger Form. Sie verlieren sich jedoch bald (Fig. 97).

Die Dendriten können ebenso wie der Neurit an ihren Enden besondere Einrichtungen aufweisen, die sie befähigen, mit anderen Zellen in eine enge Verbindung zu treten, ein Beispiel solcher Einrichtung zeigt uns Fig. 104 bei gewissen Zellen des Kleinhirns. Hier spaltet sich der Dendrit in mehrere kurze, krallenförmige Endver-

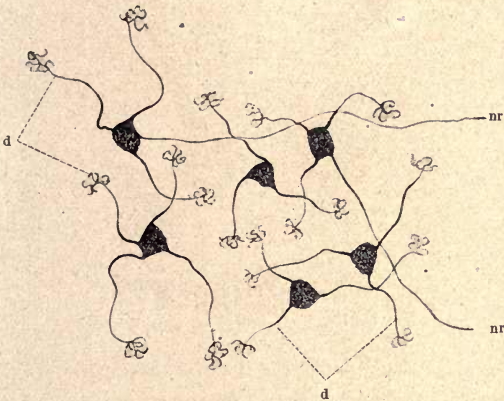


Fig. 104.

Körnerzellen aus der Kleinhirnrinde einer jungen Katze. Golgimethode.

d = Dendriten mit krallenförmigen Telodendrien; nr = Neurit. Ca. 600 mal vergrößert.

zweigungen, sog. Telodendrien. Ähnliche Bildungen treffen wir noch an vielen anderen Orten.

Die Anschauung, daß die Dendriten reizleitende Organe sind, steht in vollkommenem Einklang mit ihrem Bau und wird wohl auch heute von der Mehrzahl aller Forscher geteilt. Golgi dagegen sieht in ihnen nutritive Organe; sie sollen mit den Blutgefäßen in Verbindung treten und so für die Ernährung der Zellen sorgen.

### 3 b. Der Neurit der Nervenzellen.

Der Neurit, Achsenzyylinderfortsatz, Nervenfortsatz, ist immer nur in der Einzahl vorhanden. Er entspringt meist aus einem kurzen Ursprungskegel (Fig. 97), einer körnerfreien Stelle



des Zellkörpers, verjüngt sich bald sehr stark, um dann wieder zu einer ganz gleich bleibenden Dicke anzuschwellen. Er umgibt sich meist mit einer Markscheide und wird dadurch zum Achsenzylinder einer markhaltigen Nervenfasers, die entweder im Zentralorgan weiterläuft und endet oder aus ihm als periphere Nervenfasers austritt.

Auf diesem Wege zeigt der Neurit ein von Golgi entdecktes, außerordentlich wichtiges Verhalten, er gibt nämlich zahlreiche Seitenäste, Kollateralen ab, welche mit Endverzweigungen, sog. Telodendrien, an benachbarten Zellen enden (Fig. 91, 95).

Der Neurit besteht ebenso wie die Dendriten aus dicht nebeneinander verlaufenden, in eine homogene Grundsubstanz eingebetteten Fibrillen. Ob die Neurofibrillen des Neuriten getrennt

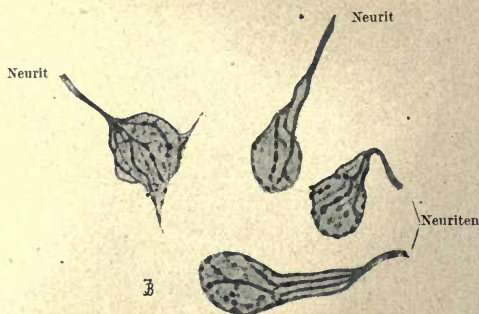


Fig. 105.

Endapparate der Neuriten aus dem Trapezkern des Kaninchens.

Die Körbe umspinnen die Zellkörper; im linken Korb erstrecken sich die Verlängerungen der Teiläste auf die Dendriten (nach einem Methylenblaupräparate, Methode S. Meyer).

Ca. 700 mal vergrößert.

nebeneinander verlaufen (Max Schultze, Bethe, Apáthy) oder ob zwischen den Fibrillen Anastomosen vorhanden sind, welche dieselben zu langmaschigen Netzen verbinden (Retzius, Schiefferdecker), ist eine noch keineswegs entschiedene Streitfrage.

Der Neurit löst sich ebenso wie seine Kollateralen schließlich in Telodendrien auf; er kann aber auch an seinem Ende, ähnlich wie der Dendrit, Einrichtungen zur engeren Verbindung mit anderen Zellen tragen. So zeigt z. B. Fig. 105, wie die Neuriten des N. cochlearis sich in mehrere Äste spalten, welche mit ihren Endverzweigungen krallenartig die Zellen des Nucleus trapezoides umspannen.

Wenn es auch als allgemeine Regel gelten darf, daß der Neurit zu einer selbständigen Nervenfasers wird, so gibt es doch von dieser Regel auch Ausnahmen. So hat Golgi im Gehirn und Rücken-

mark Zellen nachgewiesen, die neben zahlreichen Dendriten einen einfachen Neuriten besitzen. Dieser Neurit löst sich aber schon sehr bald nach seinem Abgang vom Zellkörper in zahlreiche feinste Fäserchen auf, die sich spurlos in der grauen Substanz des Zentralorgans verlieren. Man bezeichnet solche Zellen als Zellen vom II. Golgischen Typus. Im Gegensatz zu ihnen bezeichnet man alle diejenigen Nervenzellen, bei denen der Neurit zu einer selbständigen Nervenfaser wird und als solche größere Strecken zurücklegt, als Zellen vom I. Golgischen oder vom Deitersschen Typus.

## II. Die Nervenfaser.

Die Nervenfaser stellt, wie wir gesehen haben, entweder den von der Peripherie zur sensiblen Zelle hinlaufenden Dendriten, sensible Nervenfaser, oder den von der motorischen Zelle zum Muskel gehenden Neuriten, motorische Nervenfaser, oder endlich einen innerhalb des Zentralorgans, in der weißen oder auch grauen Substanz verlaufenden Neuriten dar. Jede solche ursprünglich nur aus dem Nervenfortsatz, dem sog. Achsenzylinder, bestehende Nervenfaser kann nun auf ihrem Wege entweder nackt bleiben oder sich mit verschiedenen Hüllen umgeben, von denen wir der Hauptsache nach zwei unterscheiden: die Markscheide oder Myelinscheide und die Schwannsche Scheide. Wir unterscheiden danach:

1. Nackte Achsenzylinder,
2. Achsenzylinder mit einer Markscheide umgeben,
3. Achsenzylinder mit einer Schwannschen Scheide umgeben und
4. Achsenzylinder mit einer Markscheide und einer Schwannschen Scheide umgeben.

ad 1. Zwar umgibt sich meistens der Achsenzylinder bald nach seinem Abgang von der Zelle mit einer Markscheide, es bleibt aber immer doch bei solchen Nervenfaseren innerhalb der grauen Substanz der Zentralorgane ein kurzes markloses Anfangsstück. Ebenso verliert auch die Nervenfaser kurz vor ihrer peripheren Endigung ihre Scheiden und wir können also von einem marklosen Endabschnitt sprechen. So finden wir nackte Achsenzylinder in der Haut, in den Endapparaten des Gehörorgans, in der Netzhaut, in den Muskeln und an vielen anderen Stellen. Auch die sensiblen Fasern, welche in den hinteren Wurzeln ins Rückenmark eintreten, verlieren innerhalb der grauen Substanz ihre Markscheide und können weite Strecken in der Form nackter Neuriten durchlaufen. Von den Hirnnerven besteht nur der erste, der Nervus olfactorius, aus hüllenlosen Nervenfortsätzen, die den Dendriten entsprechen. Bei

den niedersten Wirbeltieren, dem Amphioxus und den Zyklostomen, sind alle zentralen Fasern nackte Achsenzylinder.

ad 2. Nervenfaser, welche nur aus Achsenzylinder und Markscheide bestehen, sind alle Fasern der Zentralnervengorgane und des Sehnerven. Ihnen fehlt immer die Schwannsche Scheide.

ad 3. Neuriten, mit einer Schwannschen Scheide umgeben,

setzen das sympathische Nervensystem zusammen. Sie finden sich also in den sympathischen Ganglien, in dem Grenzstrang und in allen peripherischen Zweigen des Nervus sympathicus. Wir bezeichnen sie deshalb auch kurz als sympathische Fasern, marklose oder graue Fasern, auch als Remaksche Fasern (Fig. 106). Beim Amphioxus und den Zyklostomen sind alle peripheren Fasern grau.

ad 4. Alle übrigen peripheren Nervenfaser, also alle Hirn- und Rückenmarksnerven mit alleiniger Ausnahme der Fasern des Nervus olfactorius und des Nervus opticus sind außerhalb der Zentralorgane mit einer Markscheide und einer Schwannschen Scheide umgeben. Die Markscheide verleiht diesen Nerven ein helles, weißes Aussehen. Wir bezeichnen sie als markhaltige Fasern oder auch aus später zu erörternden Gründen als doppelt konturierte Nervenfaser. (Fig. 107).

Wir wollen nun die einzelnen Teile der Nervenfaser etwas eingehender besprechen und mit dem wichtigsten Bestandteil, dem Achsenzylinder, beginnen.

1. Der Achsenzylinder (Fig. 107, 113) ist, wie wir gesehen haben, ein echter Zellausläufer; er stellt einen wohl meist drehrunden Strang dar, dessen Dicke ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, und kann von Bruchteilen eines Mikrons an bis zu  $10\ \mu$  wachsen. Seinen wichtigsten Bestandteil bilden die Neurofibrillen, feinste Fäserchen, die in kontinuierlichem Verlauf von der Nervenzelle durch die Nervenfaser bis

zu ihrem peripheren Ende gelangen. Ob diese Neurofibrillen innerhalb des Achsenzylinders einfach parallel nebeneinander verlaufen (Apáthy, Bethe) oder ob sie innerhalb des letzteren langmaschige Netze bilden, ist mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen, doch sprechen neuere Untersuchungen sehr zugunsten der letzteren Auffassung (Retzius, Schiefferdecker, Lugaro). Die Neurofibrillen werden umgeben von einer Grund- oder Zwischensubstanz,



Fig. 106.

Marklose (Remaksche) Fasern aus dem Hals-Sympathikus des Kaninchens.

Ca. 300 mal vergrößert.



die man als Neuroplasma, Achsoplasma oder Perifibrillärsubstanz bezeichnet hat und die außerordentlich wasserreich ist. Die Anwesenheit dieser wasserreichen Zwischensubstanz erklärt uns sowohl die erhebliche Schrumpfungsfähigkeit des Achsenzylinders bei Anwendung vieler Fixierungsmittel, als auch den raschen Eintritt postmortaler Veränderungen. Das Variköswerden der feinsten Nervenfäserchen beim Absterben hängt damit zusammen, daß die Zwischensubstanz oft längs der in ihr enthaltenen Neurofibrillen zu Tröpfchen zusammentritt.

Während nach dem Urteile der einen Forscher die Zwischensubstanz homogen ist (Kölliker, Bethe), weist sie nach der Ansicht anderer (Nansen, Bütschli, Held) einen wabigen Bau auf und sollen dann die Neurofibrillen in den Wabenwänden verlaufen.

## 2. Die Markscheide.

Bei der markhaltigen Nervenfasern wird der Achsenzylinder von einer gleichmäßig dicken, stark lichtbrechenden, intravitam homogenen Scheide, der Markscheide, dem Nervenmark überzogen. Sie bildet also einen Hohlzylinder oder ein starkwandiges Rohr, dessen Lichtung von dem Achsenzylinder vollkommen ausgefüllt wird (Fig. 107, 108, 113). Dieser Markscheide verdankt die markhaltige Faser ihren starken Glanz, ihre Doppelbrechung und ihr ganzes charakteristisches Aussehen.

Untersucht man die markhaltigen Fasern in Wasser, so quillt an den Schnittenden aus der Markscheide eine Substanz in Form von eigenartigen Tropfen und Knollen hervor, die wir als Myelin bezeichnen. Diese Erscheinung wird bedingt durch den Gehalt des

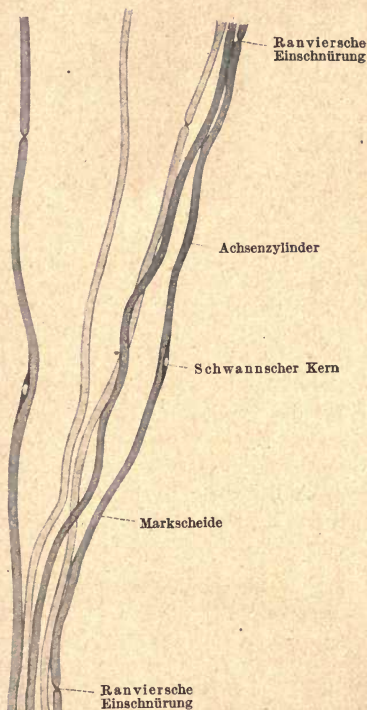


Fig. 107.

Markhaltige Nervenfasern aus dem Nervus radialis des Menschen, mit Osmiumsäure behandelt.

Mittelstarke Vergrößerung.

Myelins an Glyzerophosphatiden. Ihnen verdankt auch der Markscheideninhalt seine Doppelbrechung. Das Myelin besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, Osmiumtetroxyd zu reduzieren, deshalb färben sich markhaltige Fasern nach kurzem Aufenthalt in Osmiumlösung zunächst braun und dann tiefschwarz.

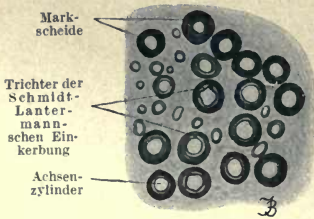


Fig. 108.

Aus einem Querschnitt durch einen mit Osmiumsäure behandelten Nerven.

Ca. 350 mal vergrößert.

Das Myelin ist kein einheitlicher chemischer Körper, sondern ein Gemenge und zwar sind mit Sicherheit drei verschiedene Substanzen in ihm nachzuweisen: Protagon, Lezithin und Fett. Das Protagon ist ein in kleinen Nadeln kristallisierender Eiweißkörper, der sich durch seinen relativ hohen Phosphorgehalt auszeichnet. Er ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Äther. Das Lezithin kommt in weiter Verbreitung im tierischen und auch

pflanzlichen Organismus vor; es ist ebenfalls phosphorhaltig, in Wasser unlöslich, dagegen in Alkohol und Äther löslich. Ob die Fette des Myelins präformiert sind oder ob sie sich erst bei der Zersetzung von Protagon und Lezithin bilden, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden.

Außer dem Myelin findet sich in der Markscheide noch ein anderer Körper, den sein Entdecker (Kühne) wegen seiner Ähn-



Fig. 109.

Stück einer markhaltigen Nervenfasern aus dem Nervus ischiadicus des Frosches, Ranviersche Einschnürung (b) und Schmitt-Lantermann'sche Einkerbungen (a) zeigend, mit Osmiumsäure behandelt.

Ca. 370 mal vergrößert.

lichkeit mit dem Keratin der Hornsubstanzen (widersteht der Trypsinverdauung) als Neurokeratin bezeichnet hat.

Untersucht man markhaltige, auf längere Strecken isolierte Nervenfasern, so erkennt man an der im übrigen ganz glatten Faser von Strecke zu Strecke Einschnürungen, die wir als Ranviersche Schnürringe bezeichnen. Die Faser verjüngt sich hier ganz unvermittelt, um sofort wieder die ursprüngliche Dicke anzunehmen (Fig. 109). Die eingehendere Untersuchung belehrt uns, daß diese plötz-

liche Dickenabnahme daher rührt, daß an dieser Stelle die Markscheide fehlt, um dann jenseits wieder zu erscheinen. So zerfällt die Markscheide in zahlreiche hintereinander angeordnete Segmente, die bei den verschiedenen Nervenfasern von sehr verschiedener Länge sein können. Je dicker die Faser, um so länger die Segmente; so fanden Key und Retzius bei  $2\ \mu$  dicken Nervenfasern  $90\ \mu$  lange Segmente, bei  $16\ \mu$  dicken Fasern aber  $900\ \mu$  lange Segmente.

Behandelt man Nervenfasern mit zirka  $0,5\%$  Höllensteinlösung und setzt sie dann dem Licht aus, so erscheint an der Stelle



Fig. 110.

Fig. 110. Markhaltige Nervenfasern des Kaninchens mit *Argentum nitricum* behandelt und Ranviersche Kreuze zeigend.

Ca. 300 mal vergrößert.

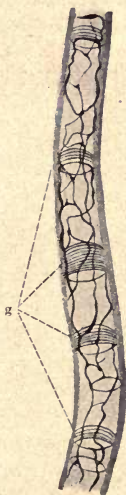


Fig. 111.

Fig. 111. Nervenfaser vom Sperling mit Netzapparat (Kopie nach Sala).

g = Golgitrichter.

einer jeden Ranvierschen Einschnürung ein Gebilde von der Form eines lateinischen Kreuzes: ein die Dicke der Einschnürung durchdringender Querbalken wird durchkreuzt von einem in der Faserachse verlaufenden Längsbalken (Fig. 110). Der letztere zeigt nicht selten feine, querverlaufende Linien, die sog. Frommannschen Linien. Es ist hier die Silberlösung zwischen den Enden der Marksegmente eingedrungen und hat den Achsenzylinder in Form des Längsbalkens gefärbt, außerdem aber hat sich eine ringförmige Scheibe gebräunt, welche zwischen die Enden der beiden Segmente einge-

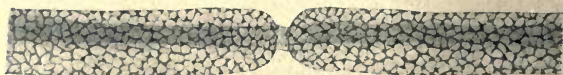


schoben ist, die sog. Zwischenscheibe. Sie erscheint von der Kante gesehen als kurzer Streifen und bildet den Querbalken des Kreuzes.

Untersucht man die Ranviersche Einschnürung mittelst subtilerer Methoden, so erkennt man, wie die Achsenzylinderfibrillen durch diese Zwischenscheibe hindurchtreten und durch sie in ihrer Lage fixiert werden. Das Marksegment endet hier mit abgerundetem Rande.

An der ganz frischen Nervenfasern erscheint die Markscheide völlig glatt, sehr bald jedoch treten in ihrer Substanz feine, schräg zur Faserachse verlaufende Spalten auf, durch welche jedes Marksegment in eine größere Anzahl hintereinander gereihter und sich dachziegelförmig deckender Abschnitte zerlegt wird; es sind dies die zylindrokonischen Segmente, die durch die Schmidt-Lantermannschen Einkerbungen getrennt werden (Fig. 109). Es setzt sich also jedes Marksegment aus einer größeren Anzahl zylindrokonischer Segmente zusammen.

Ranviersche Einschnürung.



*J. Baracz*

Fig. 112.

Stück einer in Alkohol absol. gekochten markhaltigen Nervenfasern des Frosches.

In der Mitte ist der Achsenzylinder und rings um ihn das Neurokeratinnetz zu sehen.

Ca. 650 mal vergrößert.

Golgi und seine Schüler haben nachgewiesen, daß innerhalb der Markscheide ein weitmaschiges Netzwerk von stützenden Fasern verläuft. Sie bilden an der Stelle, wo die Schmidt-Lantermannschen Einkerbungen liegen, Ringe, welche die Substanz der Markscheide ihrer ganzen Dicke nach durchsetzen (Fig. 111); diese Ringbildungen, welche gewöhnlich als Golgische Trichter bezeichnet werden, trennen also je zwei zylindrokonische Segmente voneinander.

Wenn man markhaltige Nervenfasern in Alkohol oder Äther kocht, so löst sich das Myelin und es bleibt nun ein bald feines, bald gröber erscheinendes Netzwerk innerhalb der Markscheide zurück (Fig. 112), das, wie der Querschnitt der Nerven zeigt, mit radiär gestellten Maschen die Substanz der Markscheide durchzieht. Es ist dies das Neurokeratingerüst von Ewald und Kühne. Wir dürfen es nicht als präexistierendes Stützgerüst auffassen, sondern vielmehr als ein erst beim Absterben, infolge einer entsprechenden Behandlung des Nerven, entstandenes, aus Eiweißkörpern (Neurokeratin von Kühne) bestehendes und aus der homogenen Markscheidensubstanz niedergeschlagenes Netzwerk (Stübel).

3. Die Schwannsche Scheide oder das Neurilemm kommt, wie gesagt, nur den peripheren Nervenfasern zu und stellt ein außerordentlich feines protoplasmatisches Häutchen dar, welches der Markscheide eng anliegt (Fig. 113, 114). Auf der Innenfläche trägt



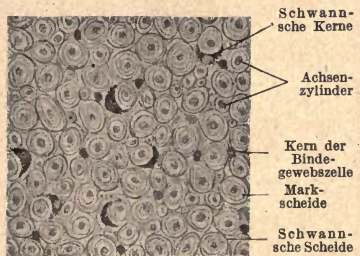
Fig. 113.

Stück einer markhaltigen Nervenfasern aus dem N. radialis des Menschen mit Osmiumsäure behandelt.

Es sind Schwannsche und Henlesche Kerne zu sehen. Ca. 400 mal vergrößert.

das Neurilemm Kerne, die von einer geringen Protoplasmamenge umgeben sind. (Fig. 107, 113). Bei höheren Wirbeltieren entfällt immer auf jedes Marksegment ein Kern. Diese sogenannten Schwannschen Kerne scheinen neueren Untersuchungen gemäß eher der Markscheide anzugehören und sollten richtiger als Markscheidenzellen benannt werden. Nach Nemiloff und Deinikow geben diese Zellen Fortsätze ab, die sich innerhalb des betreffenden interannulären Marksegmentes verzweigen, indem sie die Substanz der Markscheide in ihrer ganzen Dicke durchdringen. So entsteht innerhalb dieser ein Protoplasmagerüst, das in der äußeren und inneren Schicht der Markscheide besonders dicht ist. In den Maschen dieses ganzen Protoplasmagerüsts ist Myelin enthalten. Nemiloff hält dieses Protoplasmagerüst für identisch mit dem Neurokeratinnetz, Nageotte aber stellt entschieden in Abrede, daß das Neurokeratinnetz sich in das Protoplasma der Schwannschen Zelle fortsetze.

Viel umstritten ist das Verhalten des Neurilemm's an der Stelle der Ranvierschen Einschnürung. Hier sieht man gewöhnlich das Neurilemm am leichtesten, da es die eingeschnürte Stelle überbrückt. Dabei läßt sich beobachten, daß das Neurilemm immer mit der Zwischenscheibe verwachsen ist. Es wird an dieser Stelle nach Ranvier



3

Fig. 114.

Aus einem Querschnitte durch einen mit Müllerscher Flüssigkeit und Safranin behandelten Nervus medianus des Menschen.

Es sind mehrere Schwannsche Kerne zu sehen. Ca. 380 mal vergrößert.

und Vignal das Neurilemm durch die Zwischenscheibe unterbrochen, so daß es eine ähnliche Segmentierung erfährt wie die Markscheide. Noch weiter gehen Boveri und Bethe. Nach ihren Untersuchungen biegt das Neurilemm am Ende des Marksegmentes um und geht

in eine feine Membran über, die zwischen Achsenzylinder und Markscheide liegt (Innenscheide, Mauthnersche Scheide). So wäre denn jedes Marksegment allseitig von einem Segment der Schwannschen Scheide umhüllt (Fig. 115).

Sowohl im Achsenzylinder als auch in den Schwannschen Zellen und dem Protoplasma der Markscheiden sind Mitochondrien in Form von kleinen Körnchen und Fädchen festgestellt worden (Nageotte, Maccabruni).

Was die Bedeutung der einzelnen Teile der Nervenfaser anbelangt, so müssen wir notwendigerweise in dem Achsenzylinder den wichtigsten Bestandteil sehen. Er stellt das leitende Element dar, denn es ist mit Sicherheit als das einzige Element anzusprechen, welches vom Zellkörper durch die Faser hindurch ohne Unterbrechung zur Endstation führt. Nur in betreff der Frage, welchem der beiden im Achsenzylinder enthaltenen Bestandteile das Leitungsvermögen zugeschrieben werden soll, herrschen noch widersprechende Meinungen.

Während die einen glauben, die Neurofibrillen allein seien dieser leitende Bestandteil (Bethe, Apáthy), sehen andere die Perifibrillärsubstanz als leitendes (Leydig, Nansen, Wolff), die Fibrillen aber nur als stützendes Element an. Viele Gründe, die wir hier nicht näher erörtern können, lassen die erstere Auffassung als die richtigere erscheinen.

Über die Aufgabe der Markscheide ist viel diskutiert worden. Das nächstliegende wäre wohl, sie als Isoliermantel anzusehen.

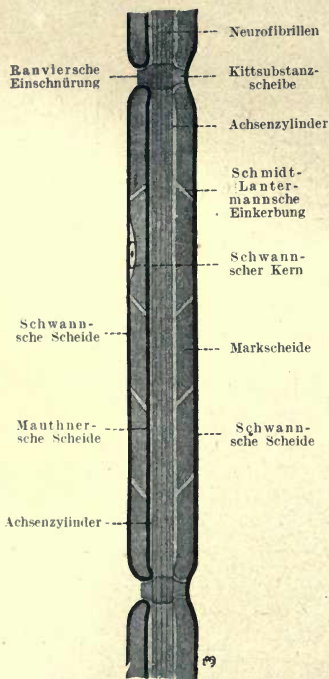


Fig. 115.

Schema des Baues der markhaltigen Nervenfaser, welches zwei verschiedene Ansichten über das Verhalten der Mauthnerschen und Schwannschen Scheide veranschaulicht.

Vergleiche die rechte und linke Seite.



Dagegen spricht der Umstand, daß wir in marklosen Nerven doch auch eine isolierte Leitung haben. Man hat die Markscheide auch als eine Art Schutzmantel aufgefaßt. Jedenfalls übt sie einen großen Einfluß auf die Erregbarkeit der Nerven aus. Dies beweist die Tatsache, daß die Erregbarkeit der Nerven des Neugeborenen, die zunächst eine sehr geringe ist, mit der Entwicklung der Markscheide immer mehr zunimmt (Westphal, Bechterew, Held und Ambronn u. a.) und daß beim Erwachsenen in den schneller leitenden Nervenfasern die Markscheide dicker ist (Lapicque und Legendre).

Wohl kein anderes Gebiet der Gewebelehre ist auch heute noch so heiß umstritten wie die Lehre von der Entwicklung der Nervenfasern. Wir müssen hier zwei grundverschiedene Anschauungen unterscheiden. Die eine, der wohl die Mehrzahl der Forscher heutzutage zuneigt, nimmt mit Kupffer, His, Kölliker, Ramón y Cajal an, daß die Nervenfasern aus den Zellen der Zentralorgane als lange Ausläufer hervorsprossen, also mit der Nervenzelle zusammen eine Zelleinheit bilden. Sie wachsen als nackte Achsenzylinder aus und finden den Weg zu ihren Endorganen entweder, indem sie zwischen den Körperzellen hindurch in den Gewebslücken ihrem Endorgan zustreben (His, Ramón y Cajal), oder indem sie sich auf diesem Wege durch die durch Zellbrücken miteinander verbundenen Zellen der Embryonalanlage schieben (Held). Es sind also die peripheren Nerven eine Zeitlang nackte Achsenzylinder. Dann wandern aus den Zentralorganen Zellen aus (Scheidenzellen, Lemmoblasten), schieben sich an den jungen Nervenfasern entlang und umgeben sie dabei mit einer Scheide, dem Neurilemm.

Nach Hensen dagegen wachsen die Nerven nicht vom Zentralorgan zur Peripherie, sondern Nervenzelle und Endorgan sind von Anfang an durch protoplasmatische Brücken miteinander verbunden, und es differenzieren sich dann in ihnen die Neurofibrillen.

Im Gegensatz zu dieser Anschauung vom unizellulären Ursprung der Nervenfaser steht die andere von Schwann und Balfour aufgestellte Ansicht, daß die Nervenfasern aus einer ganzen Reihe von Zellen entstehen (Zellkettentheorie), also multizellulären Ursprungs sind und mit den Nervenzellen erst sekundär in Verbindung treten.

Was nun die Entwicklung der Neurofibrillen anbelangt, so entstehen dieselben nach Hoven aus Mitochondrien, welche unter Änderung ihrer chemischen und morphologischen Eigenschaften sich in Neurofibrillen verwandeln. Im Gegensatz dazu meint Luna, daß zwar die Mitochondrien während der embryonalen Entwicklung an der Neurofibrillenbildung teilnehmen, sich jedoch nicht direkt in Neurofibrillen umwandeln, sondern nur einen Teil derselben darstellen, indem sie diesen bloß die sog. chromatophilen Züge liefern.

Bezüglich der Entwicklung der Markscheide sind die Ansichten geteilt. Ranvier, Vignal, Boveri und Fürst lassen das Myelin innerhalb des Körpers der den embryonalen Achsenzylinder umhüllenden Schwannschen Zellen entstehen. Es würde dann jedes Marksegment mit zugehöriger Schwannscher Scheide und Kern den Wert einer Zelle besitzen. Wie ansprechend diese Hypothese auch sein mag, so versagt sie doch ganz für die markhaltigen Fasern der Zentralorgane, denen ja eine Schwannsche Scheide fehlt.

Deshalb lassen andere Autoren die Markbildung vom Achsenzylinder selbst ausgehen (Key und Retzius, Köl liker, Westphal), und noch andere lassen das Mark aus dem Blute stammen, von dem es rings um den Achsenzylinder deponiert wird (Boll, Wlassak).

## Anhang:

### 1. Das Blut.

Wenn wir das Blut als Anhang zu den eigentlichen Geweben abhandeln, so können wir es doch mit einem gewissen Recht als ein Gewebe *sui generis* betrachten. Definierten wir in einem früheren Kapitel ein Gewebe als „einen Komplex gesetzmäßig angeordneter, in einer bestimmten Richtung differenzierter und zu einer bestimmten Tätigkeit befähigter Zellen“, so trifft allerdings der erste Passus unserer Definition auf das Blut nicht zu. Das Blut besteht aus einer Blutflüssigkeit, in welcher zwar in gesetzmäßiger Zahl und konstantem Verhältnis verschiedenartige Zellen verteilt sind, aber eine gesetzmäßige räumliche Anordnung können diese Elemente eben infolge des flüssigen Mediums, in dem sie verteilt sind, nicht haben. Die zelligen Elemente des Blutes sind ebenso wie die Zellen anderer Gewebe in einer ganz bestimmten Weise und hier sogar sehr weitgehend differenziert, und ihnen kommt im Verein mit der Blutflüssigkeit die außerordentlich wichtige Aufgabe zu, allen Teilen des Körpers die nötigen Nährkörper zuzuführen und ihren Gaswechsel zu vermitteln, indem sie ihnen Sauerstoff zuführen und andererseits die Produkte der in den Organen stattfindenden Verbrennung, d. h. im wesentlichen Kohlensäure wieder abführen. Um diesen Zwecken in vollkommener Weise dienen zu können, kreist das Blut fortwährend in, wenigstens bei den höheren Tieren, geschlossenen Bahnen, den Blutgefäßen.

Wollen wir das Blut in das System unserer Gewebe einordnen, so müssen wir es unter die Bindesubstanzen oder doch in deren nächster Nähe unterbringen. Blut und Bindesubstanzen entwickeln sich aus denselben Teilen der Embryonalanlage, aus dem mittleren Keim-

blatt. Hier geht die Blutbildung in der Weise vor sich, daß sich die Zellen in dem embryonalen Bindegewebe in Gruppen zusammenlagern, die periphersten zu platten Zellen werden, sich aneinander legen und eine geschlossene, die entstandene Blutinsel nach außen abschließende Wandung bilden. Die zentralen Zellen dagegen runden sich ab und bilden so die ersten embryonalen Blutkörperchen, die nun in einer in dem jungen Gefäß sich ansammelnden Blutflüssigkeit schwimmen. Wir können nach dem Gesagten also auch das Blut als ein Gewebe der Binde substanzreihe ansehen mit verflüssigter Interzellulärsubstanz.

Die zelligen Elemente des Blutes lassen sich in drei Gruppen unterbringen: 1. in Elemente, welche den spezifischen Blutfarbstoff, das Hämoglobin, enthalten, rote Blutkörperchen, 2. in Elemente, welche diesen Stoff nicht enthalten, farblose Blutkörperchen. Dazu kommen noch 3. besonders kleine, ihrer Natur nach noch nicht ganz geklärte Gebilde, die Blutplättchen.

Außer diesen zelligen Elementen enthält das Blut die sog. Hämonkonien und Fetttröpfchen.

1. Die roten Blutkörperchen oder Erythrozyten des menschlichen Blutes stellen kleine runde, bikonkave Scheiben dar, deren Form, von der Seite gesehen, der eines gewöhnlichen Biskuits nicht unähnlich ist (Fig. 116d, d<sub>1</sub>, e).

Die Form des roten Blutkörperchens ist, wie gesagt, die einer runden Scheibe, welche einen verdickten, wulstigen Rand und eine dünne Mitte besitzt. Betrachten wir es von der Fläche her, so erscheint es in durchfallendem Licht als kreisförmige Scheibe mit einem zentralen dunklen Fleck; dreht man die Mikrometerschraube herunter, so erhält man umgekehrt eine dunkle Scheibe mit heller Mitte (Fig. 116d, d<sub>1</sub>, 117 u. 119). Diese Erscheinung beruht darauf, daß die beiden Teile des Erythrozyten optisch verschieden wirken. Die Mitte repräsentiert eine Bikonkavlinse, welche das parallele Licht zerstreut, der Rand wirkt als Bikonvexlinse, welche die Lichtstrahlen sammelt.

Ihr Durchmesser schwankt beim Menschen zwischen 4 und 9  $\mu$ , als Durchschnittsmaß werden gewöhnlich 7,5  $\mu$  angegeben. Der Dickendurchmesser beträgt in der Mitte 1,8—2  $\mu$ , am Rande des

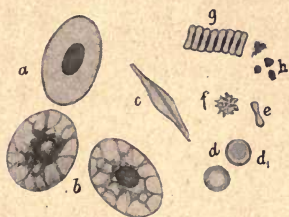


Fig. 116.

Farbige Blutzellen (a—g) und Blutplättchen (h).

Ca. 800 mal vergrößert.

a—c Farbige Blutzelle des Frosches. a Von oben gesehen; b durch Wasserzusatz verändert; c von der Seite gesehen.

d—g Farbige Blutzellen des Menschen. d Bei tiefer Einstellung; d<sub>1</sub> bei hoher Einstellung des Objektivs; e von der Seite gesehen; f stechapfelförmig veränderte Blutzelle; g geldrollenförmige Anordnung der Blutzellen; h Blutplättchen.



Körperchens  $2,5\ \mu$ . Die Erythrozyten von normaler Größe ( $7,5\ \mu$  Durchmesser), welche  $\frac{3}{4}$  aller Blutkörperchen ausmachen, nennen

wir Normozyten im Gegensatz zu den kleineren — den sog. Mikrozyten und den größeren — den sog. Megalozyten.

Irgendwelche Strukturdetails lassen sich im Innern der Erythrozyten bei gewöhnlich gebrauchten Methoden nicht erkennen.

Vielumstritten ist die Frage, ob sie nach außen von einer Membran abgeschlossen werden (Virchow, Schäfer, Ranvier, Krause, Hensen u. a.) oder nicht. Wir dürfen heute wohl annehmen, daß mindestens eine festere Randschicht, eine sog. Crusta an dem Erythrozyten entwickelt ist, welche einen mehr flüssigen Inhalt umschließt. An letzterem können wir wieder ein nach Art



Fig. 117.

Frisches Blut vom Menschen.

Der größere Teil der roten Blutkörperchen ist in geldrollenartiger Anordnung, der übrige von der Fläche gesehen.

n = neutrophiler Leukozyt. Ca. 500 mal vergrößert.

eines Schwammgerüstes angeordnetes, aber durch künstliche Färbung nicht darstellbares, etwas festeres Stroma unterscheiden, das mit Hämoglobin angefüllt und durchtränkt ist.

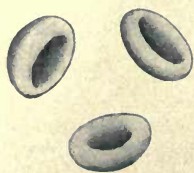


Fig. 118.

Kernlose Erythrozyten in Glockenform.

(Nach Schridde.)

Sehr stark vergrößert.

Die Erythrozyten im Blute des erwachsenen Menschen sind kernlos (Fig. 117, 118 u. 119), doch sind in ihnen durch Jolly, Schmauch, Weidenreich u. a. kleine, einfach oder doppelt vorkommende Körnchen nachgewiesen worden, welche sich mit basischen Farbstoffen tingieren und als Kernreste gedeutet werden.

Unter pathologischen Verhältnissen (Anämie, Bleivergiftung) können im Körper der Erythrozyten solche basophile Körner zahlreicher auftreten (Grawitz).

Nach Untersuchungen von Schilling-Torgau zeigen die menschlichen Erythrozyten eine sehr komplizierte Struktur. Seiner Meinung nach lassen sich am Erythrozyten drei Teile unterscheiden: der Kernrest (oder das Blutplättchen), das Protoplasma und das Archoplasma. Letzteres besteht aus dem

„Glaskörper“, d. h. einer der Delle entsprechenden achromatischen Substanz, den Zentriolen in Form von zwei azurfärbbaren Körnchen und aus einem sog. Idiosoma, welches der Zentrosphäre zu entsprechen scheint.

Die Erythrozyten sind außerordentlich biegsam, weich und dabei doch elastisch, so daß sie da, wo dem Blutstrom ein Hindernis geboten wird, sich in der verschiedensten Weise deformieren können, um nach Überwindung des Hindernisses sofort ihre ursprüngliche Form wieder anzunehmen.

Bei einer gewissen Dicke der Blutschicht ordnen sich unter dem Deckglas die Erythrozyten mit großer Vorliebe nebeneinander zu sog. Geldrollen (Fig. 116g und 117). Es liegen dann die Körperchen, wie die einzelnen Stücke in einer solchen Rolle, mit der Fläche nebeneinander. Da hat man dann Gelegenheit, die Kantenansicht der Körperchen zu studieren. Wir erkennen eine dünne Mitte und einen verdickten Rand und sehen, daß letzterer nicht scharf, sondern abgerundet ist.

Nach Weidenreich repräsentiert diese Scheibe übrigens nicht die vitale Form des Erythrozyten, sondern entsteht erst künstlich außerhalb des Gefäßes. Nach seiner Anschauung haben die Körperchen innerhalb der Gefäße die Form von Glocken oder konkavkonvexen Näpfchen (Fig. 118). Manche Forscher teilen die Meinung, daß beide, die Scheiben- und die Glockenform, normalerweise im Säugerblute vorkommen (Walcker), es erhoben sich jedoch in letzter Zeit Stimmen, nach denen nur die erste die normale Gestalt der roten Blutkörperchen ist, und die Glockenformen künstlich durch anormale Verhältnisse, bzw. durch einseitige Einwirkung von schädigenden Agenzien bewirkt werden (Löhner).

Die Erythrozyten sind außerordentlich empfindlich gegen äußere Einwirkungen und reagieren darauf in der verschiedensten Weise. Ohne Zusatzflüssigkeit untersucht, sind sie von leicht gelber Farbe (Fig. 117). Setzt man dem Präparat Wasser zu, so quellen die Körperchen zu Kugeln auf; das in ihnen enthaltene Hämoglobin wird ausgelaugt und sie schwimmen nun als schwer erkennbare Schatten in der gefärbten Flüssigkeit. Außerordentlich leicht kommt es an den Erythrozyten zu Schrumpfungerscheinungen vor allem dann, wenn der osmotische Druck des umgebenden Mediums höher als normal wird, also z. B. wenn man dem Blut Kochsalzlösungen über 0,9% (hyperisotonische Lösungen) zusetzt oder wenn der Salzgehalt des Mediums durch freiwillige Verdunstung des Wassers zunimmt. Unter solchen Umständen erscheinen die Erythrozyten zackig, maulbeerförmig, morgensternartig, stechapfelförmig (Fig. 116f).

Die Zahl der Erythrozyten wird beim Mann auf ungefähr 5,5 Millionen im Kubikmillimeter Blut angegeben, bei der Frau auf nur 4,7 Millionen. Eine deutliche Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen sehen wir bei Neugeborenen in den ersten Tagen nach der Geburt und bei herabgesetzter Sauerstoffspannung der Luft, z. B. beim Aufenthalt an hochgelegenen Orten. Es soll sich hier um eine wirkliche Blutneubildung handeln (Laquer).

Die Gestalt, Größe und Struktur der Erythrozyten ist je nach den Tiergattungen außerordentlich verschieden. Die Säugetiere besitzen sämtlich runde, kernlose Erythrozyten, eine Ausnahme machen nur die Tylopoden, zu denen Kamel, Dromedar und Lama gehören. Bei ihnen sind die roten Blutkörperchen nicht rund, sondern oval, aber auch kernlos. Der Durchmesser der Erythrozyten ist auch bei den Säugetieren sehr verschieden. Die größten roten Blutkörperchen besitzt der Elefant mit  $9,4\ \mu$ , beim Menschen messen sie  $7,5\ \mu$ , bei der Katze  $6,2\ \mu$ , beim Pferd nur  $5,6\ \mu$ , beim Moschustier gar nur  $2,5\ \mu$ .

Bei allen übrigen Wirbeltieren sind die Erythrozyten kernhaltige, ovale Scheiben, deren Dicke vom Zentrum nach der Peripherie abnimmt. Eine Ausnahme bilden nur die Zylostomen (Neunauge), die runde, kernhaltige, scheibenförmige Blutkörperchen haben. Eine enorme Größe erreichen sie bei *Proteus anguineus* mit  $58 : 35\ \mu$ , auch der Frosch besitzt recht große Erythrozyten  $22 : 15\ \mu$  (Fig. 116 a, b, c); bei Vögeln, Reptilien und Fischen dagegen sind sie beträchtlich kleiner, so beim Huhn  $12 : 8\ \mu$ , bei der Eidechse  $15 : 9\ \mu$ , beim Karpfen  $17 : 10\ \mu$ . Auch über die Struktur der Wirbeltiererythrozyten bestehen viele Differenzpunkte. Beim Salamander sind nach Meves die Erythrozyten membranlos, dagegen besitzen sie einen Stützapparat in Form von reifenartig angeordneten Fibrillen in ihrer Außenschicht, welche durch Quermembranen miteinander verbunden werden.

Die roten Blutkörperchen werden während des Lebens fortwährend verbraucht, ihre Lebensdauer dürfte 3—4 Wochen betragen. Der Untergang findet in der Leber, der Milz, vielleicht auch in den Lymphdrüsen statt. Für ihren Wiederersatz sorgt beim Erwachsenen ausschließlich das Knochenmark.

In chemischer Beziehung ist der wichtigste Bestandteil der Erythrozyten das Hämoglobin, ein eisenhaltiges Proteid, gepaart aus einem Farbstoff, dem Hämochromogen und einem Eiweißkörper, dem Globin. Es kommt im arteriellen Blut hauptsächlich in einer Verbindung mit Sauerstoff dem Oxyhämoglobin vor, das aus dem einen Blute leichter, aus dem anderen schwerer in typischen Kristallen, den sog. Blutkristallen, auskristallisiert. Am leichtesten erhält man sie beim Meerschweinchen als regelmäßige



**Tetraëder.** Beim Menschen bilden sie vierkantige Prismen. Das Hämoglobin ist in Wasser leicht löslich mit roter Farbe, die Lösung zeigt, spektroskopisch untersucht, einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen den Linien D und E, beim Oxyhämoglobin ist er in zwei schmalere Streifen aufgelöst. Behandelt man eingetrocknetes Blut mit Salzsäure, bezw. mit Essigsäure und Kochsalz, so erhält man kleine rhombische Kristalle, die unter dem Namen der Teichmannschen Kristalle früher eine große Rolle in der forensischen Medizin zur Erkennung von Blutflecken spielten. Sie bestehen aus Hämin, welches der salzsaure Ester des Hämatins ist, das seinerseits durch Oxydation des Hämochromogens sich bildet. Heute bedient man sich zur Erkennung von Blutflecken hauptsächlich des Spektroskops.

Außer dem Hämoglobin enthalten die Erythrozyten noch Eiweiß, Harnstoff, Lezithin, Cholesterin und geringe Mengen mineralischer Bestandteile.

2. Die farblosen Blutkörperchen, Leukozyten, unterscheiden sich in ganz markanter Weise von den roten Blutkörperchen dadurch, daß sie erstens kein Hämoglobin enthalten und zweitens immer einen Kern besitzen (Fig. 119 u. 120). Sie sind in dem menschlichen Blut in viel geringerer Zahl vorhanden als die Erythrozyten. Ihre Zahl in 1 mm<sup>3</sup> ist außerordentlich großen Schwankungen unterworfen, sie ist in den peripheren Gefäßbezirken größer als in den zentralen (Jacob und Rieder), höher in den Venen als in den Arterien, nach reichlicher Nahrungsaufnahme größer als im Hunger (Verdauungs-Leukozytose). Die Zahl der weißen Blutkörperchen scheint nach neueren Untersuchungen unter normalen Verhältnissen beim Erwachsenen ca. 6 000 zu betragen (Arneth), so daß auf 900 Erythrozyten nur ein Leukozyt käme. Beim Neugeborenen beläuft sie sich bis auf 18 000 in 1 mm<sup>3</sup>.

Ihre Größe ist sehr verschieden, doch sind sie beim Menschen meist größer, mindestens aber ebenso groß wie die Erythrozyten.

Im frischen Blute des Menschen fallen sie durch einen eigentümlichen bläulichweißen Glanz auf. Schon ohne jede weitere Behandlung erkennt man meist in ihrem Körper feine Körnchen, Granulationen, deren Kenntniss wir vor allem Ehrlich und seinen Schülern verdanken.

Die Leukozyten unterscheiden sich durch verschiedene morphologische Merkmale.

Die Größe der Zelle und des Kernes, die Beschaffenheit des Zelleibes und des Zellkernes<sup>1)</sup> bilden die Grundlage für die Ein-

<sup>1)</sup> Ehrlich teilt die granulierten Leukozytenformen nach dem mikrochemischen Verhalten der in den einzelnen Zellenarten vorhandenen Granula zu bestimmten Anilinfarbstoffen (saure, basische und neutrale Farbstoffe) in fünf Gruppen:

teilung der Leukozyten in mehrere Gruppen. Im normalen menschlichen Blute können wir unterscheiden:

a) Lymphozyten (kleine Lymphozyten, Fig. 120a). Die Zelle hat ungefähr die Größe eines Erythrozyten oder ist etwas größer. Der Kern ist verhältnismäßig groß, um ihn herum bildet das Protoplasma eine schmale Zone. Der zumeist rundliche Kern und das Protoplasma, welches gewöhnlich homogen, bei manchen Methoden jedoch fein granuliert (Azurgranula) erscheint (es sind dies keinerlei richtige Granulationen), sind basophil.

Die Lymphozyten machen im normalen Blute ungefähr 25% sämtlicher farblosen Blutkörperchen aus.

b) Große mononukleäre Leukozyten (Fig. 120b). Im großen Zellkörper (12—20  $\mu$ ) liegt, meist exzentrisch, ein relativ kleiner ovaler Kern, der stärker basophil ist als der erstere. Sie bilden nur 1% der farblosen Blutkörperchen.

c) Übergangsformen (Fig. 120c). Im großen basophilen Zellkörper (etwas kleiner als die vorigen) treten selten vereinzelt, meist feine neutrophile Granulationen auf. Der stärker basophile Kern ist gewöhnlich eingebuchtet oder zeigt alle Übergänge von ovaler zu gelappter Form.

Die Gegner der Spezifität der Leukozytenarten betrachten die Übergangsformen als weitere Entwicklungsstufe der Lymphozyten zu den polymorphkernigen neutrophil granulierten Leukozyten. Im normalen Blut ist ihre Zahl ziemlich schwankend; sie machen etwa 4% der farblosen Blutkörperchen aus.

Die Gruppe b und c entspricht den sogenannten Monozyten (große einkernige Leukozyten) von Pappenheim und den Splenozyten von Türk.

d) Neutrophile polymorphkernige (polynukleäre) Leukozyten (Ehrlichs  $\epsilon$ -Granulationen, Fig. 120d). Die Zellen sind 9—12  $\mu$  groß, haben einen wurstförmig gebogenen, hufeisenförmigen, kleeblattförmigen oder unregelmäßig eingeschnürten Kern, wobei die einzelnen Teilstücke durch dünne Brücken miteinander verbunden sind. Durch das Abschnüren einzelner Teile vom Kerne kann die Zelle mehrkernig werden. Ca. 95% aller Neutrophilen haben im normalen Blut des Erwachsenen einen Kern, der die zuletzt angegebenen Charakteristika aufweist, der Rest enthält einen wurstförmig oder hufeisenförmig gebogenen Kern (Stabkern von Schilling-Torgau). Der Kern ist intensiv basophil, das Protoplasma bei jugend-

---

$\alpha$  = azidophile (eosinophile) Granulationen;

$\beta$  = amphophile Granulationen (nur im Tierblut);

$\gamma$  = Mastzellen-Granulationen;

$\delta$  = basophile Granulationen;

$\epsilon$  = neutrophile Granulationen.

Fig. 119.

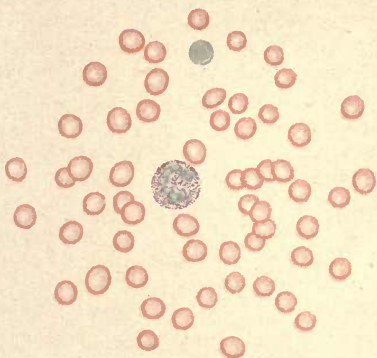


Fig. 120.

Hämatoxylin-Eosinfärbung.



Triazidfärbung.



Färbung nach May Grünwald-Giemsa.





no .viii  
ingot.1A0

lichen Formen schwach basophil, bei älteren Formen dagegen oxyphil. In ihm finden sich massenhafte, meist sehr feine neutrophile Granulationen. Im Zellkörper kann unter pathologischen Verhältnissen (Diabetes mellitus) Glykogen auftreten. Die polymorphkernigen neutrophilen Leukozyten bilden die Hauptmasse, nämlich ungefähr 67% aller farblosen Blutzellen.

e) Eosinophile Zellen (Fig. 120e,  $\alpha$ -Granulationen Ehrlichs). Sie sind meist etwas größer als die vorigen (12—15  $\mu$ ), unterscheiden sich von ihnen auch dadurch, daß ihre Granulationen auffällig grob, stark lichtbrechend und nicht neutrophil, sondern intensiv azidophil (oxyphil) sind. Sie enthalten entweder einen polymorphen kleeblattartigen, basophilen Kern oder öfter 2—3 Kerne von unregelmäßiger Größe. Ihre Menge im normalen Blut beträgt 2—4 % aller Leukozyten.

f) Mastzellen (Fig. 120f,  $\gamma$ -Granulationen Ehrlichs). In ganz verschwindender Menge (unter  $\frac{1}{2}\%$ ) finden wir im normalen Blut dann noch diese letzte Zellform, die uns schon vom Bindegewebe her bekannt ist. Sie sind ca. 10  $\mu$  groß. Das Protoplasma weist grobe, meist nicht sehr reichliche, basophile Granula auf und enthält einen schwach färbbaren polymorphen Kern.

Außer diesen Leukozytenarten trifft man im Blut des Neugeborenen sehr selten noch Gebilde, welche in pathologischen Zuständen auch im Blut Erwachsener auftreten können. Es sind dies junge Formen, welche eigentlich während des postembryonalen Lebens im Knochenmark vorkommen, nämlich: neutrophile, eosinophile und basophile Myelozyten (siehe Knochenmark) und die großen Lymphozyten, die sich von den kleinen Lymphozyten durch ihre Größe, sowie den Bau des Kernes und des Protoplasmas unterscheiden. Außerdem können auch unter Umständen die uns schon bekannten Plasmazellen auftreten.

Den farblosen Blutzellen kommt in hohem Grade die Fähigkeit der amöboiden Bewegung zu; fortwährend wandern sie aus den Blutgefäßen aus und gelangen ins Bindegewebe, wo wir sie als Wanderzellen kennen gelernt haben. Der Ersatz erfolgt einmal von der Lymphe her, die sich ja in den Blutstrom ergießt und ihm fortwährend große Mengen Lymphozyten zuführt, die ihrerseits wieder, wie wir später sehen werden, aus den Lymphdrüsen stammen. Sicher nachgewiesen ist dann noch die Herkunft der polynukleären Leukozyten. Sie haben mit den Erythrozyten einen gemeinsamen Ursprungsort, das Knochenmark, das wir deshalb als das wichtigste blutbildende Organ des erwachsenen Menschen bezeichnen müssen. Über die Rolle, welche die Milz als Bildungsstätte von farblosen Blutzellen spielt, sind die Ansichten geteilt. Ehrlich, der verdienstvolle Forscher auf dem Gebiet der Hämatologie, sieht in der Milz keine oder doch nur eine

ganz unwesentliche Bildungsstätte farbloser Blutzellen, dagegen lassen Benda, Löwit, Lubarsch, Weidenreich in ihr Lymphozyten und Weill granulierten Leukozyten entstehen.

3. Die Blutplättchen. Über Bau und Bedeutung dieser von Hayem und Bizzozero aufgefundenen Gebilde ist eine Einigung zur Zeit noch nicht erzielt: während von den einen Autoren die Blutplättchen als besondere Elemente ohne Kern (Hayem, Bizzozero, Neumann, Laker, Giglio-Tos), bzw. als selbständige kernhaltige Zellen (Deetjen, Dekhuyzen, Kopsch) angesehen werden, werden sie von anderen für Abkömmlinge der Erythro- bzw. Leukozyten gehalten. Im letzteren Falle sollen sie nun den einen zufolge

dem Kern der Leukozyten (Grawitz, Marino), bzw. der Erythrozyten (Pappenheim, Schilling-Torgau) entstammen, nach anderen aber bilden sie die Zerfalls- resp. Abschnürungsprodukte der Leukozyten (Rieß, Al. Schmidt) oder aber der Erythrozyten (Arnold, Schwalbe, Maximow, Weidenreich). Nach dem Urteile noch anderer entstehen sie durch Abschnürung protoplasmatischer Fortsätze der Knochenmarksriesenzellen (Megakaryozyten) (Wright, Bunting, Ogata, Downey). Sie stellen verschieden große (2—15  $\mu$ , gewöhnlich etwa 3  $\mu$ ), verschieden geformte Elemente dar, oft kreisrund und fortsatzlos, häufig aber auch länglich mit zahlreichen Fortsätzen (Fig. 121),

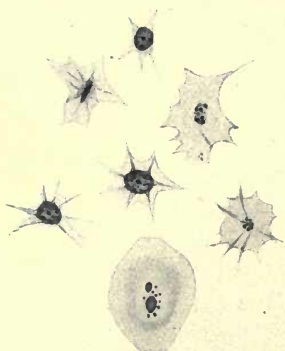


Fig. 121.

Blutplättchen.

(Kopie nach Weidenreich.)

Sehr stark vergrößert.

welche sie aussenden und einziehen können. Die Blutplättchen sind hämoglobinfrei. Charakteristisch ist für sie, daß sie klebrig sind und sich leicht zu Häufchen zusammenballen. Im Innern tritt eine körnige Masse auf, die sich mit basischen Farbstoffen färbt und von Deetjen als Kern angesprochen wird; Weidenreich dagegen betrachtet sie als basophiles Zersetzungsprodukt des Erythrozytenkörpers (von dem er ihre Abstammung ableitet), wie ja auch, wie früher erwähnt, besonders unter pathologischen Verhältnissen basophile Granulationen im Erythrozytenkörper auftreten können.

Die Zahl der Blutplättchen wird auf ca. 250 000 in 1 mm<sup>3</sup> angegeben.

Den Blutplättchen wird, im Gegensatz zu den Leukozyten und Erythrozyten, von Bizzozero, Laker u. a. eine wesentliche Rolle bei der Blutgerinnung zugeschrieben. Im strömenden Blute



rund, werden sie sofort nach dem Blutaustritt spindelförmig und sodann sternförmig, um endlich zugrunde zu gehen. Unmittelbar danach erfolgt die Bildung von Fibrin, welches aus dem Reste des Blutplättchenplasmas hervorschießt (Stübel). Die Blutplättchen sollen den bei niederen Wirbeltieren sich findenden Spindelzellen völlig homolog sein (Meves). Nach Meves wird im gerinnenden Amphibienblut von diesen Spindelzellen ein Stoff abgeschieden, der mit dem Blutplasma eine unlösliche Verbindung, das Fibrin, bildet. Dieses scheidet sich von einem Zentrum, welches von der Spindelzelle gebildet wird, in Form feiner Fäden aus (Fig. 121). Weil sowohl die Blutplättchen wie auch die Spindelzellen mit der Thrombenbildung in Zusammenhang gebracht werden, so hat man beide Thrombozyten benannt.

4. Die Hämokonien. Mit diesem Namen hat H. F. Müller feinste, meist stark lichtbrechende Körperchen und Partikelchen bezeichnet, die sich in der Blutflüssigkeit beobachten lassen und die immer in lebhaft tanzender, zitternder Bewegung begriffen sind. Wahrscheinlich handelt es sich bei ihnen um Elemente verschiedenster Abkunft, Zerfallsprodukte der körperlichen Elemente des Blutes.

Auch Fettröpfchen kommen, wie die neueren Untersuchungen mittelst des Ultramikroskops ergeben haben, im Blut in großer Menge vor; in der Hauptmasse sind sie von der alimentären Fetteinführung abhängig; ihre Menge erreicht 2—3 Stunden nach einer fetthaltigen Mahlzeit ihren Höhepunkt (Neumann).

Über die Entwicklung der zelligen Elemente des Blutes können wir uns nach dem früher Gesagten kurz fassen. Ursprünglich besteht der Inhalt des eben gebildeten Gefäßes aus gleichartigen Zellen, primitiven Blutzellen (Maximow). Ein Teil derselben bildet in ihrem Körper Hämoglobin und wird dadurch zu primären Erythrozyten. Der Rest wandelt sich in Zellen mit großem Kern und basophilem, beweglichem Zellkörper um, primitive Lymphozyten. Beide Zellarten vermehren sich selbständig durch Teilung, erhalten aber ständigen Zuzug von besonderen blutbildenden Organen her. Als ein solches figuriert zunächst die Dottersackwand. Hier lösen sich Endothelzellen der Gefäßwand fortwährend ab, um zunächst primitive Blutzellen zu bilden und sich dann ebenfalls in primäre Erythrozyten oder Lymphozyten umzuwandeln.

Als ein weiteres in ausgedehnter Weise als blutbildend anzusprechendes Organ ist die embryonale Leber zu bezeichnen; auch hier entstehen die Blutzellen, genau so wie im Gefäßhof, im embryonalen Knochenmark und im Thy mus, aus Mesenchymzellen.

Die primären Erythrozyten häufen mit der Zeit immer mehr Hämoglobin in sich auf, sie verlieren dabei ihren Kern, der sich in

Chromatinkörnchen auflöst. Sie verschwinden im Laufe des Embryonallebens nach und nach aus dem Blut, und es treten an ihre Stelle die durch Teilung aus den Lymphozyten entstehenden Megaloblasten. Sie sind anfangs hämoglobinlos und großkernig. Sobald die Hämoglobininbildung einsetzt, wird der Kern kleiner, dunkler und verschwindet schließlich, der Megaloblast wird damit zum typischen Normoblasten, zum fertigen Erythrozyten.

Wie die Entkernung stattfindet, ist strittig. Die einen lassen den Kern aus der Zelle einfach austreten (Bizzozero, van der Stricht, Saxer, v. Kostanecki, Rindfleisch u. a.), nach Maximow wird er von den Endothelzellen aufgefressen. Andere Autoren dagegen leugnen ein solches Austreten. Der Kern soll innerhalb des Erythrozytenkörpers verbleiben, sich auflösen oder doch unsichtbar werden (Löwit, Spuler, Pappenheim u. a.).

■ Ein Teil der Lymphozyten wird in Megaloblasten und sodann in Erythrozyten umgewandelt, der Rest der Lymphozyten läßt aus sich die verschiedenen Arten von farblosen Blutkörperchen hervorgehen.

## 2. Die Lymphe.

Die Lymphe besteht ebenfalls aus zelligen Elementen, welche in einer Flüssigkeit schwimmen. Sie stellt eine klare oder milchige, farblose Flüssigkeit dar. Ihre Menge ist beträchtlichen Schwankungen unterworfen, die, wie die Physiologie lehrt, von der Nahrung, der Blutmenge und anderen Momenten abhängig sind. Sie kann auch durch besondere, dem Organismus einverleibte Stoffe, sogenannte Lymphagoga, vermehrt werden. Das spricht dafür, daß die Lymphbildung kein rein physikalischer Vorgang ist, sondern daß dabei eine sekretorische Wirkung des Blutgefäßepithels mitspielt (R. Heidenhain).

Die aus dem Ductus thoracicus in das Blut eintretende Lymphe stammt einmal aus den Gewebsflüssigkeiten, die aus den einzelnen Organen durch die Lymphgefäße abgeführt werden und dabei die Lymphdrüsen passieren, zweitens gesellt sich dazu die aus den großen serösen Räumen, wie Bauchhöhle, Brusthöhle, Herzbeutel, Ventrikelsystem der nervösen Zentralorgane ablaufende Flüssigkeit, und schließlich kommt dazu der aus dem Darmkanal stammende Chylus.

Als körperliche Elemente finden sich in der Lymphe in wechselnder Zahl die uns vom Blut her schon hinlänglich bekannten Lymphozyten. Außerdem enthält die Lymphe vereinzelte rote Blutkörperchen und Fett in wechselnder Menge und feinsten Tröpfchen.

### Dritter Teil.

## Mikroskopische Anatomie der Organe.

---

Wie wir in der Einleitung gesehen haben, entsteht ein Organ durch Vereinigung von Geweben; es baut sich ein jedes Organ in einer für jeden Fall ganz bestimmten, charakteristischen Anordnung aus den einzelnen, früher besprochenen Gewebsarten auf. Und zwar nehmen in den meisten Organen sämtliche Gewebe: Epithel, Binde-substanz, Muskeln, Nerven und Blut an dem Aufbau des Organes teil. Wie diese Vereinigung bei jedem einzelnen Organ vor sich geht, lehrt die mikroskopische Anatomie, mit der wir uns in diesem dritten Teil beschäftigen wollen.

Jedes Organ hat innerhalb des menschlichen und tierischen Körpers eine bestimmte Funktion, eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Dabei vereinigen sich wieder verschiedene Organe mit gleicher oder ähnlicher Funktion zu Organsystemen. Solcher Organsysteme können wir im menschlichen Körper sieben unterscheiden:

- I. Das Kreislaufsystem,
- II. das Verdauungssystem,
- III. das Atmungssystem,
- IV. das Harnsystem,
- V. das Fortpflanzungssystem,
- VI. das Bewegungssystem,
- VII. das Nervensystem mit den Sinnesorganen.



## I. Das Kreislaufsystem.

Das Kreislaufsystem setzt sich zusammen aus dem Blutgefäßsystem, dem Lymphgefäßsystem und akzessorischen Organen, welche in jedes der beiden Systeme eingeschaltet sind und entweder zur Bildung der körperlichen Elemente des Blutes und der Lymphe oder zur Bereitung gewisser Stoffe dienen, die mit dem Blutstrom fortgeleitet werden.

### 1. Das Blutgefäßsystem.

Im Körper aller höheren Tiere und des Menschen findet sich ein geschlossenes System zunächst weiterer, dann durch fortgesetzte Teilung immer enger werdender Röhren, dem die wichtige Aufgabe zufällt, allen Organen die ernährende Flüssigkeit, das Blut, zuzuführen. In ähnlicher Weise wird aus den Organen durch anfangs ganz enge, später infolge fortgesetzten Zusammenfließens immer weiter werdende Röhren das Blut wieder zurückgeführt. Beide Systeme, das arterielle und venöse Gefäßsystem, stehen in kontinuierlicher Verbindung vermittelt der Kapillaren. Die feinsten Arterien gehen nämlich in die Kapillaren über, aus denen sich dann die Venen entwickeln. Andererseits ist zwischen Arterienursprung und Venenende das Herz als treibender Motor geschaltet, als Ausgangspunkt des arteriellen und Sammelstation des venösen Blutes.

Sämtliche Abschnitte dieses Hohlraumsystems zeichnen sich durch eine hochentwickelte Kontraktilität ihrer Wandung aus, mit deren Bau wir uns nun beschäftigen wollen. Das ganze Hohlraumsystem wird ausgekleidet von einer ununterbrochenen Lage platter Epithelzellen, die also ein geschlossenes Epithelrohr darstellen. Man hat diese vom Mesenchym abstammenden Zellen auch als Endothelzellen bezeichnet.

Die feinsten Gefäße, die Kapillaren, bestehen fast ausschließlich aus einem solchen einfachen Epithelrohr (Fig. 122, 123). Je weiter wir nun einerseits in den Arterien, andererseits in den Venen vordringen, um so mehr gesellen sich zu diesem Epithelrohr akzessorische Hüllen (Accessoria) hinzu, die im wesentlichen aus Elementen des Muskelgewebes und des Bindegewebes bestehen. Während das Epithelrohr in der ganzen Ausdehnung des Gefäßsystems die gleiche Zusammensetzung aufweist, werden diese akzessorischen Hüllen mit zunehmender Weite des Lumens immer mächtiger und zeigen in den Arterien und Venen eine verschiedene, für jeden Gefäßabschnitt charakteristische Entfaltung und Anordnung.

Man teilt diese akzessorischen Hüllen nach altem Brauche ein in eine zunächst dem Epithelrohr aufliegende Intima, eine nach außen von dieser liegende Media, und schließlich eine die äußerste Bekleidung der Gefäßwand bildende Adventitia.

Die Muskulatur besteht in der Gefäßwand aus glatten Muskelzellen, im Herzen dagegen aus quergestreiften, netzförmig miteinander verbundenen Muskelfasern.

Wir wollen bei unserer Besprechung des Blutgefäßsystems vom einfacheren zum komplizierteren vorgehen und zunächst die Kapillaren besprechen.

### Die Kapillaren.

Als Kapillaren, Blutkapillaren, Haargefäße (Fig. 122, 123) bezeichnen wir die zwischen die kleinsten Arterien und Venen eingeschalteten Gefäßstrecken, welche in Form von Schlingen oder Netzen sämtliche Organe durchdringen. Sie umschlingen die Muskelfasern mit langgezogenen Maschen, dringen in die feinsten Nervenstämmchen ein, bilden mehr oder weniger dichte Netze in den Drüsen. Solche Blutkapillarnetze liegen auch dicht unter dem Oberflächenepithel des Magendarmkanals und unter der Epidermis. Niemals aber, ganz verschwindende Ausnahmen abgerechnet, dringen die Blutkapillaren zwischen die Epithelzellen selbst ein.

Die Weite der Kapillaren ist je nach dem Orte ihres Vorkommens großen Schwankungen unterworfen. An manchen Stellen sind sie so eng, daß ihr Durchmesser geringer als der eines Erythrozyten ist, so daß sich die letzteren nur unter vorübergehender Deformierung nacheinander durchpressen können, an anderen Stellen kann ihr Durchmesser bis zu  $50\ \mu$  und darüber betragen.

Die Wand der Kapillaren bildet im allgemeinen nur der einfache Epithelschlauch. Die ihn zusammensetzenden Zellen sind dünne



Fig. 122.

Stück eines mit Silbernitratlösung behandelten Kapillargefäßes aus dem Omentum des Kaninchens. Die Zellgrenzen sind durch Einwirkung von Silbernitrat geschwärzt.

Ca. 450 mal vergrößert.

Platten, so dünn, daß der meist in der Zellmitte gelegene Kern den Zellkontur ins Gefäßlumen hinein vorbuchtet. Spritzt man in die Kapillaren eine dünne Höllesteinlösung ein und setzt dann die Präparate dem Licht aus, so wird die Silberverbindung in den Zellgrenzen reduziert, welche nun ein langmaschiges Netzwerk darstellen. Das gibt uns dann auch einen Einblick in die Form der Epithelzellen. Es sind dies unregelmäßige, langgestreckte Zellen, deren längster Durchmesser in der Längsachse der Kapillare liegt. Je nach dem Kontraktionszustand der Kapillare sind die Zellkonturen bald mehr gerade,

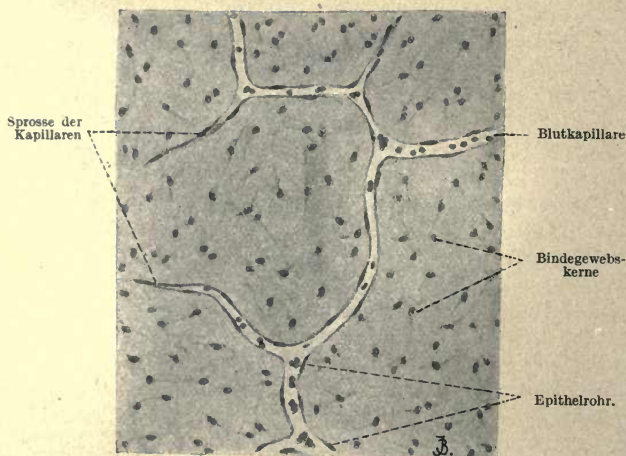


Fig. 123.

Stück des von der Oberfläche gesehenen Omentum majus eines acht Tage alten Hundes.

Ca. 180 mal vergrößert.

gestreckt, bald wieder wellig, unregelmäßig. An manchen Stellen sehen wir zwischen benachbarten Zellen kleine Stomata oder Stigmata, welche den körperlichen Elementen des Blutes als Austrittsstellen dienen sollen.

Oft aber liegt der Wand der Kapillaren von außen noch eine sog. Adventitia capillaris auf. Dieselbe besteht nach den Untersuchungen von Iwanoff und Eberth aus sternförmigen Zellen, deren Ausläufer miteinander anastomosieren und so das Epithelrohr mit einem Zellnetz bekleiden.

Die Kapillaren sind kontraktile. Das hat zuerst Stricker an der Nickhaut des Frosches nachgewiesen. Nach Steinach und Kahn kommt diese Eigenschaft auch den Kapillaren der Säugetiere



zu und die Art und Weise, wie sie sich kontrahieren, stimmt ganz mit der Arterienkontraktion überein. Die Kapillare kann sich dabei bis zum völligen Verschuß verengern. Während der größte Teil der Physiologen diese Kontraktion auf Turgeszenzerscheinungen der Epithelzellen zurückführt, lassen Rouget und S. Mayer sie durch Zusammenziehen jener sternförmigen Zellen zustande kommen, die sie als echte Muskelzellen ansprechen. Dafür sprechen nun auch die Versuche von Steinach und Kahn, die beobachteten, daß die Kapillarwand bei der Kontraktion nicht turgeszent, nicht dicker wird, sondern sich in Längsfalten legt. Die Innervation erfolgt vom N. sympathicus aus.

Die Art und Weise, wie das Wachstum der Kapillaren erfolgt, läßt sich sehr anschaulich im Netz neugeborener Tiere demonstrieren (Fig. 123). Dieses wird von einem ausgedehnten Kapillarnetz durchzogen, von dem sich an vielen Stellen seitliche, blind endigende Sprossen abzweigen. Die Epithelzellen der Kapillaren vermehren sich hier durch mitotische Teilung und bilden zunächst kleine Aussackungen der Wand, die sich bald zuspitzen und nun durch fortgesetzte Zellteilung immer weiter vorwachsen. Dann begegnen sich zwei benachbarte Sprossen, vereinigen sich miteinander, höhlen sich aus und wir haben nun eine neue Masche des Kapillarnetzes vor uns. Jede Kapillare entsteht so durch Sprossung einer anderen. Freie Kapillarbildung inmitten des Gewebes aus sog. vasoformativen Zellen (Ranvier) kommt nicht vor. Nach Pardi sind die sog. vasoformativen Zellen der Kategorie der ruhenden Wanderzellen (Klasmatozyten Ranviers) anzureihen.

### Die Arterien.

Gehen wir nun von den Kapillaren zu den Arterien über, so treffen wir in den kleinsten, sog. präkapillaren Arterien außer den die Kapillarwand konstituierenden Elementen noch eine Lage elastischer Fasern, welche sich zu einer dünnen, elastischen Membran vereinigen können und zwischen Epithelschlauch und kontraktile Zellen eingeschoben erscheinen.

Dann aber treten sehr bald bei den kleineren Arterien an Stelle jener kontraktilen, verästelten Zellen typische glatte Muskelzellen, welche ringförmig um das Gefäß herum in einfacher oder doppelter Schicht verlaufen. Sie geben dem Längsschnitt einer solchen kleinen Arterie sein charakteristisches Gepräge, indem die längsgestellten Kerne des Epithels sich mit den quergestellten Kernen der Ringmuskeln kreuzen (Fig. 124). Zwischen Epithel- und Muskelschlauch finden wir wieder elastische Elemente, die nun zur Bildung einer elastischen Membran sich zusammengeschlossen haben. Von außen liegt der Muskelschicht eine dünne längsfaserige Bindegewebsschicht auf.

Mitteldicke Arterien, zu denen wir beim Menschen Gefäße von der Dicke der A. supraorbitalis bis zu der der A. brachialis rechnen, geben die für den Bau der Arterienwand typischsten Bilder, wie

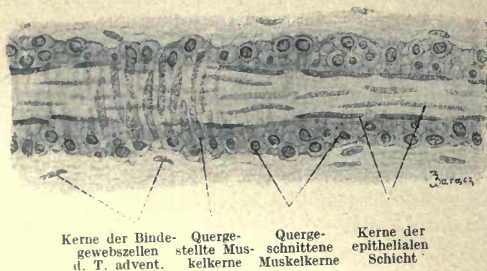


Fig. 124.

Längsschnitt einer kleinen Arterie aus der Lymphdrüse der Katze.

Ca. 660 mal vergrößert.

sie auf Fig. 125 im Querschnitt dargestellt sind. Das Gefäßlumen, in unserer Abbildung mit Blut gefüllt, wird umsäumt von den Zellen

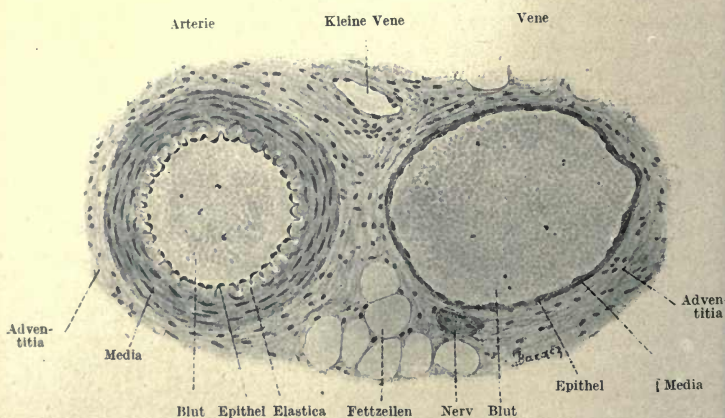


Fig. 125.

Querschnitt durch eine mitteldicke Arterie und eine zugehörige Vene vom Hunde.

Ca. 220 mal vergrößert.

des Epithelschlauchs, von denen hier nur die Kerne sichtbar sind. Nach außen folgt eine nur sehr wenig hervortretende Lage von längsverlaufenden Bindegewebssäserchen, untermischt mit feinen, eben-

falls längsverlaufenden elastischen Fasern. Diese Bindesubstanzlage bildet mit der nun folgenden elastischen Membran, *Elastica interna*, zusammen die Innenhaut, die Intima der Arterie. Die *Elastica interna* tritt immer sehr markant in welligem Kontur, halskrausenartig hervor. Sie stellt eine kontinuierliche, durch Verschmelzung elastischer Fasern entstandene und mit Lücken versehene Lamelle dar.

Der Intima liegt nach außen die dicke Muskelschicht, die *Media*, auf. Sie setzt sich gegen die zu äußerst liegende *Adventitia* durch eine, allerdings nicht immer vollständige, elastische Membran ab, die *Elastica externa*, die ähnlich wie die *Elastica interna* geschlängelt erscheint. Ausnahmsweise kann sie fehlen. Die *Media* wird in ihrer Hauptmasse gebildet durch zirkulär verlaufende, in zahlreichen Schichten angeordnete Muskelzellen. Längsverlaufende, also im Gefäßquerschnitt quer getroffene Muskelzellen finden sich in der *Media* mittlerer Arterien nur relativ selten, so besonders an den Teilungsstellen. Zwischen den Muskelzellen tritt Bindegewebe auf mit mehr oder weniger zahlreichen, meist stark geschlängelt verlaufenden elastischen Fasern. Die letzteren können innerhalb der *Media* Netze bilden. Außerdem sind in kleinen und mitteldicken Arterien senkrecht zum Gefäßlumen verlaufende feine elastische Fasern zu bemerken, sog. radiäre Fasern (Schiefferdecker, Grünstein, Dürck, Rothfeld). Ihren Ursprung nehmen sie von der *Elastica externa*, indem sich von dieser einzelne Fasern oder ganze Büschel zarter Fasern abtrennen, die sich dann auflösen und in radiärem Verlauf die *Media* durchsetzen. In kleinen Arterien ziehen die radiären Fasern durch die ganze Breite der *Media* und inserieren an der *Elastica interna* (Rothfeld). (Siehe Fig. 238.)

Die *Adventitia* bildet die äußere Bekleidung der *Media*. Sie besteht zum überwiegenden Teil aus Bindegewebe mit eingelagerten elastischen Fasern. Die letzteren verlaufen in den inneren Abschnitten der *Adventitia* vorwiegend longitudinal, in den äußeren mehr zirkulär. Auch Muskulatur kommt der *Adventitia* der mittleren Arterien zu, und zwar finden sich längslaufende Muskelzellen in den inneren und mittleren Partien, allerdings meist nur in wenig umfangreichen Bündeln. Verhältnismäßig stark entwickelt sind sie in der *A. lienalis* und *dorsalis penis*.

Von dem soeben dargestellten Bau zeigen die Arterien großen Kalibers, wie *Carotis communis*, *Subclavia*, *Femoralis*, *Iliaca communis* und *Aorta* folgende Unterschiede (Fig. 126, 127, 128 u. 129). Die Epithelzellen werden nach dem Herzen zu immer kürzer und stellen in der *Aorta* polygonale Platten dar. Die Intima zeigt nur unwesentliche Verschiedenheiten, bloß ihre *Elastica interna* stellt keine einfache elastische Membran mehr dar, sondern löst sich in zwei Lamellen, eine *Lamina interna* und *externa* auf (Grünstein).



(Fig. 127). In der Aorta dagegen tritt die Lamina interna elasticae internae in Form längsverlaufender elastischer Fasern auf (Fig. 129). In der Media nehmen die elastischen Elemente immer mehr zu. Es wechselt immer eine Lage Muskelzellen mit einer Lage Bindegewebe,

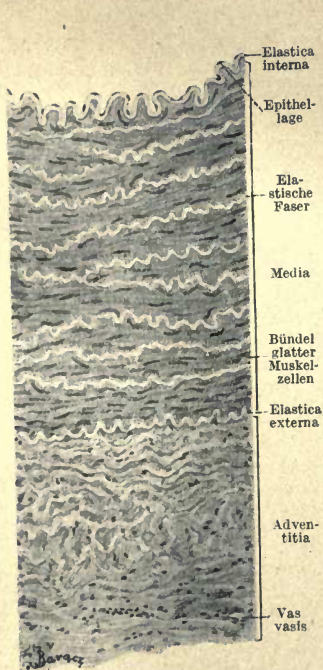


Fig. 126.

Fig. 126. Stück eines Querschnittes der A. femoralis des Hundes.

Ca. 150 mal vergrößert.



Fig. 127.

Fig. 127. Querschnitt durch die A. femoralis des Menschen.

Es sind nur die elastischen, mit Resorzin-Fuchsin gefärbten Fasern zu sehen.

Ca. 230 mal vergrößert.

welch letztere in ihrer Mitte elastische Fasern (Femoralis, Iliaca) oder elastische, konzentrisch angeordnete Lamellen (Carotis communis, Subclavia und Aorta) umschließt. Sowohl die Aorta an ihrem Ursprung aus dem Herzen, als auch die Pulmonalis sind ein kurzes Stück weit ganz frei von Muskeln (Eberth). Die elastischen Lamellen treten in Form von gefensterten Häuten auf, die sich spalten und miteinander verbinden. Der Adventitia fehlt die Muskulatur, auch kommt es in

der Aorta nicht mehr zur Entwicklung einer *Elastica externa* (Fig. 128 u. 129).

Einige Worte noch über die Arterien der Schädelhöhle, die sich in einigen Punkten von den gleichkalibrigen Körperarterien unterscheiden. Sie zeigen eine Abnahme der elastischen Elemente in der *Media* und *Adventitia*, was sich daraus erklärt, daß diese Arterien, durch die sie umgebende

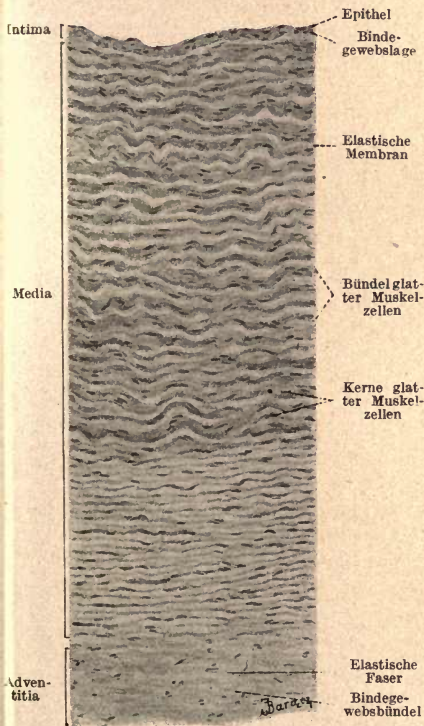


Fig. 128.

Fig. 128. Stück eines Querschnittes der Aorta des Hundes.  
Ca. 140 mal vergrößert.

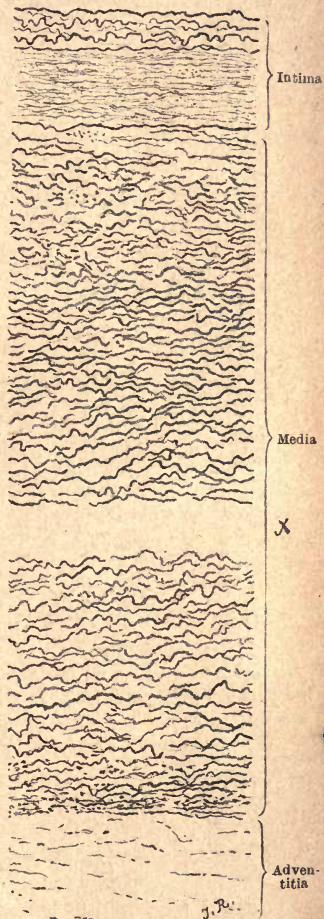


Fig. 129.

Fig. 129. Längsschnitt durch die Aorta des Menschen.

Es sind nur die elastischen, mit Resorzin-Fuchsin gefärbten Fasern und Lamellen zu sehen.  
Ca. 260 mal vergrößert.

Bel X sind in der Zeichnung 17 cm der Media ausgelassen, weil die Figur sonst zu groß würde.

knöcherne Schädelkapsel äußeren Einflüssen (Deformierung durch Druck und Zug) vollständig entrückt sind. Die gefensterte *Elastica interna* ist in den Gehirnarterien gut entwickelt. Das elastische Gewebe der *Media* besteht aus einzelnen zirkulären dünnen Fasern, welche sich bei Kleinerwerden der Gefäße allmählich verlieren. Ebenso fehlt ihnen vollständig eine *Elastica externa*. In der *Adventitia* finden wir nur in der inneren Partie dichtgedrängte, zirkulär verlaufende elastische Fasern, welche direkt der *Media* anliegen (Triepel).

### Die Venen.

Der Bau der Venenwand unterscheidet sich von dem der Arterienwand in vieler Beziehung ganz beträchtlich. Die Wand der Venen ist immer relativ dünner als die der Arterien, was hauptsäch-

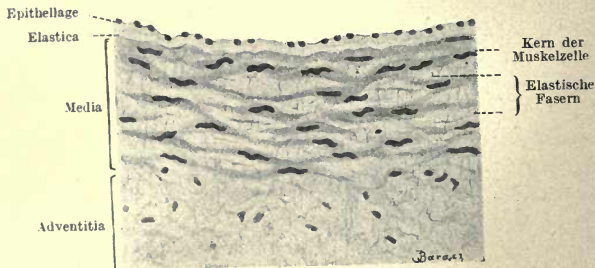


Fig. 130.

Stück eines Querschnittes durch eine mittlere Vene des Hundes.

Ca. 280 mal vergrößert.

lich auf eine schwächere Entwicklung der *Media* zurückzuführen ist (Fig. 125). Die Venenwand ist gegenüber der Arterienwand als arm an Muskulatur und elastischen Elementen zu bezeichnen (Fig. 130). Dagegen zeigt die *Adventitia* eine stärkere Entwicklung als in den Arterien. Dies bedingt eine gewisse Schlaffheit und Zusammendrückbarkeit der Venenwandung, gepaart mit erheblicher Dehnbarkeit. Überdies ist es für die Venen charakteristisch, daß ihre Wände niemals eine solche ihrem Kaliber entsprechende Regelmäßigkeit und Gesetzmäßigkeit in der Anordnung ihrer Elemente, wie die Arterienwände, zeigen. Dazu kommen noch in den Venen Einrichtungen, die die Arterien nicht besitzen, und die dem Blutstrom nur die Bewegung nach dem Herzen hin gestatten. Es sind das die Venenklappen.

Die Zellen des Epithelrohres gleichen denen der Arterien, doch sind sie im großen und ganzen nicht so langgestreckt, sondern



mehr polygonal. Die Intima ist schwach entwickelt und fehlt manchen Venen ganz (Cava, Jugularis, Axillaris, Portae). Kleinere Venen besitzen oft eine stärkere Intima als größere. Charakteristisch ist das Vorkommen von Muskelzellen in der Intima, die meist schräg oder längs verlaufen; besonders an den Venen der unteren Extremität sind sie gut entwickelt und erreichen ihre größte Mächtigkeit in der V. poplitea. Eine *Elastica interna* findet sich immer, auch schon in den ganz kleinen Venen, in denen sie, wie auch in den mitteldicken, durch feine Netze elastischer Fasern dargestellt wird. Nur in den großen Venen kommt es zur Bildung einer geschlossenen *Elastica interna*.

Wie schon vorher erwähnt, ist die Media in den Venen nur relativ schwach entwickelt. Ihr Gehalt an Muskulatur ist ein außerordentlich schwankender; bei einer ganzen Anzahl von Venen besteht sie ausschließlich aus Bindegewebe und elastischen Fasern, so sind die Vv. jugulares externa und interna und subclavia in der Nähe ihrer Mündung in ihrer Media ganz ohne Muskulatur. Die stärkste Entwicklung zeigt die Muskulatur der Media wieder in der unteren Extremität, hier finden sich in ihr Ring- und Längsmuskeln. Die elastischen Fasern bilden in der Media der Venen niemals so starke gefensterte Membranen wie in den Arterien, sondern meist feine Fasernetze.

Die Adventitia ist in den Venen stärker entwickelt als in den Arterien und zeigt auch eine gewisse Konstanz, indem ihre Stärke im allgemeinen auch mit wachsendem Gefäßdurchmesser zunimmt (Fig. 131). Charakteristisch für sie ist die geringe Entwicklung ihrer elastischen Elemente und der starke Gehalt an Muskelzellen. Die ersteren bilden immer nur Netze, niemals Häute, die letzteren sind längsverlaufend und können unter Umständen zu einer geschlossenen Längsmuskelschicht zusammentreten.

Die Venenklappen kann man als Duplikaturen der Intima bezeichnen mit der Einschränkung, daß die Muskulatur der Intima niemals in die Klappe selbst eintritt, sondern gewissermaßen ihre Basis in Form eines Ringes bildet. Der epitheliale Überzug zeigt auf der inneren, dem Blutstrom zugekehrten Klappenfläche längliche Zellen, mit ihrer Längsachse in der Gefäßrichtung stehend, auf ihrer äußeren Fläche dagegen unregelmäßig polygonale Zellen. Unter dem Epithel findet sich ein Netz feiner elastischer Fasern, das auf der inneren Fläche stärker ist als auf der äußeren. Den Grundstock der ganzen Klappe bildet ein Bindegewebe mit spärlichen elastischen Fasern vermischt.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß der einigermaßen Geübte unter dem Mikroskop immer sofort wird unterscheiden können, ob es sich in einem gegebenen Falle um eine Arterie oder Vene handelt.

Für den Anfänger wollen wir die wichtigsten Unterscheidungspunkte noch einmal kurz hervorheben:

Die Arterie hat immer im Vergleich mit der ihr korrespondierenden Vene eine dickere Wandung und ein engeres Lumen.

Die Arterie hat immer eine gut abgesetzte Media, die reich an Muskulatur und elastischen Fasern ist.

Die Vene hat dagegen eine stärkere Adventitia, in der sich fast immer längsverlaufende Muskelbündel finden.

Das Arterienlumen erscheint meist weit klaffend, das Venenlumen dagegen kollabiert. Das erstere enthält selten, das letztere meistens größere oder geringe Mengen von Blut.

Die innere Begrenzung einer quer durchschnittenen Arterie ist wellenförmig, da die Intima und das Epithelrohr infolge der Kontraktion der Muskelelemente der Media, Längsfalten bilden. Solche Falten sind in den Venen nicht zu sehen.

Die mittleren und großen Gefäße sind mit besonderen

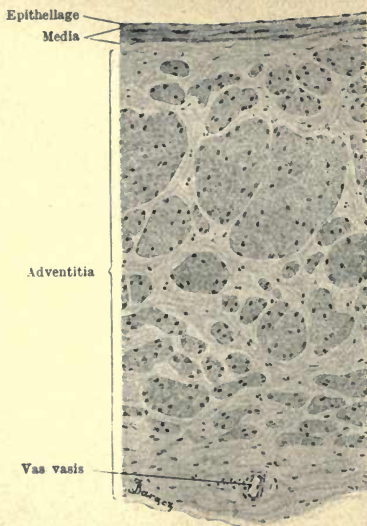


Fig. 131.

Stück eines Querschnittes der V. cava inferior des Hundes.  
Ca. 150 mal vergrößert.

Gefäßen zur Ernährung ihrer Wand versehen, Vasa vasorum, und zwar erhält jedes Gefäß eine Arterie, aus der sich zwei Venen entwickeln. Sie verlaufen in den Arterien in der Adventitia und dringen mit ihren Kapillarmaschen auch in die Media (Fig. 131), bei den Venen dagegen bis in die Intima vor.

Auch Lymphgefäße begleiten und umspinnen die Blutgefäße. Sie können als geschlossene, mit Epithel ausgekleidete Röhren die feinen Arterien umscheiden, so daß die ernährende Flüssigkeit, um von dem durchströmenden Blut zu dem betreffenden Organ zu kommen, erst das Lymphgefäß passieren muß. Solche perivaskuläre Lymphräume finden wir an den Gefäßen vieler Drüsen, im Zentralnervensystem und im Knochenmark.

Die Nerven der Gefäße stammen aus dem N. sympathicus. Sie bilden nach Ranvier zunächst innerhalb der Adventitia einen unregelmäßigen, langmaschigen Plexus fundamentalis; aus ihm dringen die Fasern bis zur Media vor und bilden in deren äußersten Schichten einen Plexus perimuscularis, aus dem wiederum Fasern hervorgehen, die innerhalb der Media einen dritten Plexus, den Plexus intramuscularis, bilden. Die aus ihm abzweigenden Fäserchen endigen mit kleinen Anschwellungen an den glatten Muskelzellen. Nach Dogiel treten an die Gefäßwand auch markhaltige sensible Nervenfasern heran; sie zerfallen hier in zahllose feine Fäserchen, die sich vielfach miteinander verflechten und in hirschgeweihartige, zwischen Media und Adventitia gelegene Bildungen auslaufen.

### Das Herz.

Am Herzen können wir, ähnlich wie an den Blutgefäßen, vier, seine Wand konstituierende, Schichten unterscheiden:

1. das Epithel des Herzens,
2. das Endokardium,
3. das Myokardium und
4. das Epikardium.

1. Das Epithel des Herzens. Das Gefäßepithel setzt sich aus den großen, in das Herz einmündenden resp. aus ihm entspringenden Gefäßstämmen kontinuierlich auf das Herz fort, um die gesamte Innenfläche auszukleiden. Die Epithelzellen des Herzens gleichen auch ganz denen der großen Gefäße, es sind polygonale, etwas in die Länge gezogene, platte Zellen, deren Durchmesser zwischen 15 und 27  $\mu$  schwankt.

2. Das Endokardium zeigt in seinen Bauverhältnissen eine gewisse Übereinstimmung mit der Intima der Blutgefäße. Es besteht wie diese aus Bindegewebe, untermischt mit elastischen Fasern, nur sind die letzteren hier in weitaus größerer Mächtigkeit entwickelt wie in der Gefäßintima. Vor allem ist es das Endokard der Vorhöfe, das außerordentlich reich an elastischen Fasern ist. Sie bilden sowohl weitere und engere Netze als auch starke elastische Platten. Zu diesem Bindegewebe gesellen sich dann noch ganz wie in den mittleren Venen glatte Muskelzellen. Bei vielen Säugetieren (Huf-tiere), am schönsten beim Schaf, treten an Stelle dieser glatten Muskelzellen quergestreifte, von Purkinje entdeckte und nach ihm als Purkinjesche Fäden bezeichnete Fasern. Diese Fasern verzweigen sich, anastomosieren miteinander und bilden so ein dicht unter der Ventrikelinnenfläche gelegenes muskulöses Netzwerk. Die Fasern zeigen uns in ihrem Bau gewissermaßen embryonale Verhältnisse. Auf dem Querschnitt wird die Fasermasse eingenommen von einem



undifferenzierten Protoplasma, das die Kerne enthält. Die Peripherie der Zelle dagegen wird gebildet von kontraktile Fibrillen, die in Form eines Mantels das Protoplasma umhüllen. Wir haben also hier Verhältnisse, wie wir sie früher bei den embryonalen Muskeln geschildert haben.

Das Endokardium wird mit dem Myokardium durch ein lockeres Bindegewebe verbunden, welches mehr oder weniger stark von Fettzellen durchsetzt ist und Blutgefäße und Nerven für das Endokard enthält.

3. Das Myokard bildet den wichtigsten und überwiegenden Bestandteil der Herz wand und setzt sich aus den früher beschriebenen charakteristischen Herzmuskelfasern zusammen. Die Fasern werden durch Züge von lockerem Bindegewebe zu feineren und gröberen Muskelbündeln vereinigt, welche in sehr charakteristischer Weise in den einzelnen Teilen des Herzens angeordnet sind. Der spezielle Verlauf dieser Bündel ist Sache der systematischen Anatomie, nur einige kurze Angaben seien hier angebracht.

Im Herzen sind zwei Muskelsysteme vorhanden: eine getrennte Vorhofs- und Kammermuskulatur und ein den Vorhöfen und Kammern gemeinsames Muskelsystem. In der ersten unterscheiden wir wieder solche Muskelbündel, welche beiden Kammern, resp. Vorhöfen gemeinsam sind, und solche, welche nur einer Kammer oder einem Vorhof eigen sind. Alle Kammerbündel gehen aus von den *Annuli fibrosi*, zwei derben bindegewebigen, zahlreiche elastische Fasern enthaltenden Ringen, von denen der eine den rechten Vorhof und die rechte Kammer, der andere den linken Vorhof und die linke Kammer gegeneinander abgrenzt. Die den Kammern gemeinsamen Muskelbündel ziehen vom *Anulus fibrosus* in einer das Kammergebiet äußerlich umhüllenden Schicht schräg von oben nach unten zur Herzspitze, hier wenden sie sich spiralig um, bilden eine Art Wirbel und steigen nun an der Innenfläche der Kammern in die Höhe, und zwar so, daß die Richtungen der äußeren und inneren Fasern sich kreuzen. An der Vorderfläche laufen sie von rechts oben nach links unten, an der Hinterfläche von links oben nach rechts unten. An der Innenfläche der Kammern gehen sie über in die *Trabeculae carneae* und die *Musculi papillares*. Die Eigenbündel der Kammern sind zwischen die äußere und innere Lage der vorigen eingeschoben und bilden in jeder Kammer einen mächtigen muskulösen Sack. Die Eigenbündel der Vorhöfe bilden einmal muskulöse Ringe um die sich in die letzteren öffnenden Gefäße herum, dann aber bilden sie, schlingenförmig jeden Vorhof umkreisend, die Hauptmasse seiner Muskulatur. Die gemeinsamen Bündel umkreisen in dünnerer äußerer Schicht beide Vorhöfe.

Außerdem aber findet sich noch ein Muskelsystem, das den Vorhöfen und Kammern gemeinsam ist und die sonst scharf getrennte

Vorhofs- und Kammermuskulatur miteinander verbindet. Es tritt auf in Form der von Gaskell, Stanley und His zuerst beschriebenen Brückenfasern (Hissches Bündel, Atrioventrikulärbündel, Fasciculus atrioventricularis). Dieses Bündel ist von der übrigen Herzmuskulatur scharf durch Bindegewebe getrennt; es entspringt an der Muskelwand des rechten Vorhofes in der Gegend der Valvula sinus coronarii mit einer knotenartigen Bildung (Tawarascher Knoten), verläuft über dem Trikuspidalsegel nach vorn, verbindet sich dabei mit der Muskulatur der Vorhöfe, tritt dann in das Septum ventriculorum ein und spaltet sich in ihm in einen rechten und einen linken Schenkel, die beide nach Tawara unter dem Endokard der Ventrikel und in den Papillarmuskeln endigen. Was ihren histologischen Bau anbelangt, so entsprechen sie jenen in Entwicklung begriffenen Muskelbündeln, die reichliches Sarkoplasma in der Achse und einen peripher gelegenen Mantel von kontraktile Fibrillen enthalten. Geflechte markloser Nervenfasern und einzeln oder in kleinen Gruppen auftretende Ganglienzellen begleiten das Bündel in seinem Verlauf. Es wird ihm die Bedeutung eines Vermittlers der koordinierten Pulsation von Herzvorhöfen und Kammern zugeschrieben und es wird wegen seiner Bedeutung als Reizüberträger vom Vorhof zur Kammer auch als Reizleitungsbündel bezeichnet.

Das elastische Gewebe ist in dem jugendlichen Myokard nur sehr schwach vertreten, nimmt aber im Laufe des Lebens immer mehr zu in dem Maße, als die Muskulatur den Anforderungen an die Elastizität der Herzwand nicht mehr zu entsprechen vermag. Es umspinnen dann die elastischen Fasern, besonders in den unter der Aortenwurzel gelegenen Muskelpartien, die Muskelfasern in starken Netzen und bilden so eine wirksame Unterstützung der Muskulatur für die Öffnung des Herzens im Beginn der Diastole (Krehl).

4. Das Epikardium bildet eine starke bindegewebige Haut mit zahlreichen elastischen Fasern, welche sich nach innen zu einer mehr kontinuierlichen elastischen Membran anordnen. Es ist durch ein lockeres, von zahlreichen Fettzellen durchsetztes, subseröses Bindegewebe mit dem Myokard verbunden. Außen wird das Epikard bekleidet von einem einfachen, niedrigen Plattenepithel, dessen polygonale Zellen recht verschieden groß sind.

Die Herzklappen sind im wesentlichen als Duplikaturen des Endokards zu betrachten. Sie besitzen einen bindegewebigen Grundstock, der beiderseits von Epithel bekleidet ist. Im Kindesalter enthalten alle Klappen auch Muskelfasern, die aber nach und nach verschwinden. Nur die Atrioventrikularklappen des Erwachsenen zeichnen sich noch durch einen geringen Muskelgehalt aus.

Das Perikard besitzt ganz denselben Bau wie das Epikard, in welches es ja kontinuierlich übergeht.

Die Blutversorgung des Herzens ist bekanntlich eine außerordentlich reiche. Die Arterien stammen aus den Aa. coronariae, ihre Äste dringen in das Myokard ein, verzweigen sich hier innerhalb des Bindegewebes vielfach und umspinnen schließlich die Muskelfasern mit langen Kapillarmaschen. Die Venen entsprechen in ihrem Verlaufe den Arterien.

Entsprechend dem Blutgefäßnetze zeigen auch die Lymphgefäße des Herzens eine starke Entwicklung. Wir unterscheiden ein endokardiales, ein myokardiales und ein epikardiales Lymphgefäßnetz. Das erste und das letzte bestehen aus geschlossenen Bahnen, im Myokard dagegen stehen die geschlossenen Bahnen mit dem weiten Spaltennetz, welches sich zwischen die einzelnen Muskelfasern schiebt, in offener Verbindung; in diesen Muskelinterstitien müssen wir die Wurzeln der Herzlymphgefäße suchen.

Die Nerven des Herzens stammen aus dem von den Nn. vagi und vom Sympathikus gebildeten Herzgeflecht, Plexus cardiacus, und gelangen in zahlreichen feinen Zweigen mit den großen Gefäßen zur Herzbasis. Hier zweigen sie teils direkt zu den Vorhöfen ab, teils gelangen sie mit der A. coronaria dextra et sinistra zu den Ventrikeln. In der Herzwand bilden sie zuerst einen oberflächlich in dem Epikard gelegenen Plexus, dann einen zweiten innerhalb des Myokards gelegenen und endlich einen dritten, endokardialen. Die Herznerven sind sehr reich mit Ganglienzellen durchsetzt, am reichlichsten an der Atrioventrikulargrenze und in der Tiefe des Sulcus longitudinalis anterior. Es sind das insgesamt Zellen vom sympathischen Typus, mit einer Kapsel umgeben.

Nach Michailow zeigen die Herznerven in den einzelnen Schichten folgendes Verhalten:

Im Herzbeutel bilden die herantretenden Nerven ein dichtes Netz und enden teils in eingekapselten Nervenknäueln, teils in freien baum-, knäuel-, netz- und girlandenförmigen Endapparaten. Im Epikardium bilden die Nerven sehr verwickelte Geflechte, in deren Verlaufe sich einzelne oder zu Ganglien vereinigte sympathische Ganglienzellen mit mehreren Fortsätzen finden. Die meisten Ganglien liegen an der Grenze des Myokards. Jedes Herzganglion steht in Verbindung mit einer großen Zahl von markhaltigen und marklosen Nervenfasern, von denen die einen in das Ganglion ein-, andere aus demselben austreten. Die austretenden Fasern sind überwiegend Fortsätze von Zellen desselben Ganglions, seltener durchlaufende Fasern. Die hinzutretenden Fasern aber sind teils Fortsätze von Zellen benachbarter Herzganglien, teils treten sie in das Herz von außen her ein. Sie endigen in den Herzganglien mit interkapsulären, perikapsulären oder perizellulären (intrakapsulären) Nervengeflechten oder Netzen. Die markhaltigen und marklosen Nervenfasern des epi-



kardialen Geflechtes enden im Bindegewebe des Epikardiums entweder frei (uneingekapselt) in Form von Endbäumchen, Knäueln, maschen- und plattenartigen Endapparaten oder in eingekapselten Endknäueln verschiedener Art. Die Innervation des Myokardiums wird zum Teil von Fasern besorgt, welche von außen her in das Herz gelangen, teils wieder von Fasern, die von den Ganglienzellen des Herzens ausgehen; letztere liegen hauptsächlich an der Grenze zwischen dem Myokardium und dem Epikardium. Im Myokardium bilden die größtenteils marklosen Fasern um die einzelnen Muskelfasern herum ein Geflecht und enden mit kleinen runden Endknöpfchen oder auch mit rosenkranzartig hintereinandergereihten Verdickungen an der Oberfläche der Muskelfasern. Im Endokardium stammt das stark entwickelte Nervengeflecht von Nerven ab, welche in dem epikardialen Plexus ihren Ursprung haben und das Myokardium fast unverzweigt durchdringen. Hier endigen die Nerven im Bindegewebe als eingekapselte und freie Endknäuel und netz- und baumförmige Endapparate.

### Die Milz.

Die Milz ist die größte in den Blutkreislauf eingeschaltete Drüse. Sie ist rein mesodermaler Herkunft und erscheint zuerst als Zellhaufen innerhalb des Mesogastriums, zu dem sich später noch Zellen des Zölomepithels gesellen.

Die Milz wird umhüllt von einer starken bindegewebigen Kapsel, welche neben elastischen Fasern auch glatte Muskeln enthält. Die letzteren sind beim Menschen schwächer entwickelt als bei vielen Tieren (Schwein, Schaf). Am Hilus dringt die Kapsel mit den Gefäßen in das Innere des Organs ein. Von ihrer ganzen inneren Oberfläche gehen zahlreiche Balken aus, die Milztrabekel, welche ins Milzinnere eindringen, sich nach kurzem Verlauf teilen, miteinander anastomosieren und so ein das ganze Organ durchziehendes Balkenwerk bilden, das an der Peripherie etwas regelmäßigere, nach innen aber ganz unregelmäßige Hohlräume umschließt (Fig. 132).

Diese Hohlräume sind mit der Milzpulpa ausgefüllt, die im frischen Zustand infolge ihres großen Blutreichtums eine dunkelrote Farbe besitzt (rote Pulpa). Die Pulpa ist ein von zahlreichen Gefäßen durchsetztes lymphoides Gewebe oder, mit anderen Worten, es füllt die Pulpa alle von den Gefäßen und Milzbalken freigelassenen Stellen des Milzinneren aus. Die Grundlage für das lymphoide Gewebe bildet ein aus verästelten Zellen gebautes Retikulum. Dieses enthält in seinen Maschen folgende Zellarten: 1. Große Lymphozyten mit einem oder mehreren Kernen. 2. Neutrophile und eosinophile Zellen (siehe Blut). 3. Phagozyten, große, meist einkernige Zellen, die in ihrem Körper rote Blutkörperchen oder deren Zerfallsprodukte

(Pigmentschollen) enthalten. 4. Rote Blutkörperchen und Trümmer von solchen. 5. Blutplättchen und kleine, frei liegende Körnchen, die Molekularbewegungen ausführen und mit der Entwicklung der Blutplättchen in Zusammenhang gebracht werden. 6. Kernhaltige, d. h. junge, rote Blutkörperchen kommen nur in der Milz des Fetus und Kindes vor. Man trifft sie auch bei Erwachsenen nach sehr starken Blutverlusten. 7. Riesenzellen (Megakaryozyten). Die letzteren finden sich ebenfalls beim Erwachsenen nicht, wohl aber

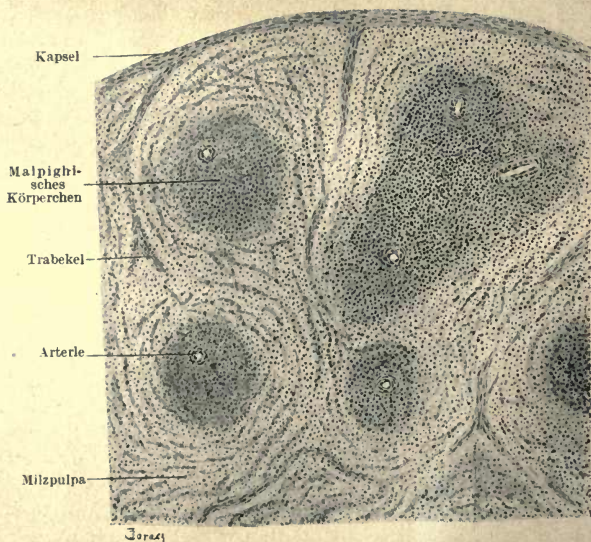


Fig. 132.

Stück eines Schnittes durch die Milz eines Affen.

Ca. 60 mal vergrößert.

bei Embryonen. Außerordentlich zahlreich sind sie in der Milz mancher Tiere vertreten, vor allem beim Igel und beim Maulwurf. Es sind das große, bis zu  $50 \mu$  im Durchmesser haltende Zellen, deren Kerne die allerverschiedensten Formen zeigen und bedeutende Größe erreichen. Sie können gelappt sein oder einen Haufen kleinerer, durch Sprossen miteinander in Verbindung stehender Kerne darstellen. Sie können Korbform besitzen (Arnold und Denys) oder Hohlkugeln, Kugelschalen ähneln (Heidenhain), so daß dann das Zellprotoplasma in ein intranukleäres Endoplasma und ein extranukleäres Exoplasma zerfällt, welche beide durch Verbindungsbrücken, die die Substanz des kugelschalenförmigen Kernes durchziehen, miteinander ver-



bunden sind. Nach Pugliese entstehen aus diesen eigenartigen Zellen durch Sprossung und Zerfall die Lymphozyten.

Außer dieser roten Pulpa besitzt die Milz lymphoides Gewebe noch in Form der 0,2—0,7 mm großen sog. Malpighischen Körperchen, *Noduli lymphatici lienales*, die sich durch ihre helle, grauweiße Färbung von der roten Pulpa sehr charakteristisch in Form rundlicher oder länglicher Flecke abheben. Man kann sie in ihrer Gesamtheit auch der roten Pulpa als weiße Pulpa gegenüberstellen. Ihre hellere Färbung verdanken obige Körperchen dem Umstande, daß sie in der zentralen Partie keine roten Blutkörperchen frei im Retikulum enthalten. Bau und Anordnung dieser Gebilde soll sogleich besprochen werden.

Die Blutgefäße spielen naturgemäß in der Milz eine außerordentlich wichtige Rolle und der Bau des Organs läßt sich nur an der Hand einer genauen Beschreibung des Blutgefäßverlaufs verständlich machen (vergl. Fig. 134). Über die Details dieses Verlaufs herrschten noch bis vor kurzem weitgehende Differenzen unter den Forschern, die aber heute bis zu einem gewissen Grade als erledigt betrachtet werden dürfen, obgleich die Frage, ob sich in der Milz, wie in anderen Organen, ein geschlossener (Helly) oder ein offener, mit dem Retikulum in Verbindung stehender (Weidenreich, Mollier) Blutkreislauf findet, noch bis auf den heutigen Tag nicht als definitiv entschieden gelten kann. Wir folgen in unserer Beschreibung den eingehenden Untersuchungen von Weidenreich. Die Arterien der Milz, Zweige der *Aa. lienalis*, *gastroepiploica sinistra* und *gastrica dextra* treten am sog. Hilus in das Organ ein, verzweigen sich, ohne sich jedoch miteinander zu verbinden, außerordentlich reichlich und verlaufen dabei innerhalb der Milzbalken (Fig. 134). Haben die Arterienäste einen ungefähren Durchmesser von 200  $\mu$  erreicht, so treten sie aus den Trabekeln heraus und sind nun bis zu einem Durchmesser von 15 bis 20  $\mu$  von einer Scheide von retikulärem Gewebe umgeben, das von zahlreichen Lymphozyten durchsetzt ist. Eine solche aus adenoidem Gewebe bestehende Arterienscheide bildet bei manchen Tiergattungen, z. B. Nagern, eine kontinuierliche Hülle um die Arterie. Bei anderen Tieren und beim Menschen ist sie auf einzelne umschriebene Stellen beschränkt und stellt ovoide oder kugelige Verdickungen dar. Sie tritt also hier in Form follikelartiger Bildungen auf, welche als Milzknötchen oder Malpighische Körperchen bezeichnet werden (Fig. 132, 133, 134 M K). In ihrem Innern können sich Herde befinden, in denen sich Lymphozyten vermehren, wovon indirekte Kernteilungsfiguren Kunde geben. Es sind dies die sog. Keimzentren. Die Milzknötchen finden sich mit Vorliebe an den Verzweigungsstellen der kleinen Arterien. Das Knötchen wird in der Mitte oder näher am Rande von der sog. Zentralarterie (Z A) durch-



bohrt. Nach außen gehen die adenoiden Scheiden (die weiße Pulpa) in das retikuläre Gewebe der Pulpa, d. h. in die rote Pulpa über. Im Retikulum der Arterienscheiden und der Milzknötchen nehmen ihren Anfang ferner Kanälchen, welche in die gleich zu besprechenden Milzsinus führen. Sie leiten die in den Milzknötchen gebildeten Elemente den Sinus zu und stellen so Abfuhrwege für die in der weißen Pulpa gebildeten weißen Blutzellen dar. Wir bezeichnen sie mit Weidenreich als Lymphröhrchen.

Wenn das Arterienlumen bis auf ungefähr  $15\ \mu$  gesunken ist, verliert sich die Scheide und nun zerfällt die Arterie pinselartig innerhalb der Pulpa in zahlreiche Zweige. Es entstehen so die von Ruysch durch Injektion dargestellten Penicilli (P). An jedem neu entstandenen Arterienästchen, dem einzelnen Pinselhaar entsprechend, können wir drei verschiedene Abschnitte unterscheiden. Im ersten, längsten Abschnitt, zeigt seine Wand die allgemeinen Bauverhältnisse der Arterienwand, in der Adventitia finden sich noch spärliche Lymphozyten. Im zweiten, wesentlich kürzeren Abschnitt, umgibt sich die Arterie mit einer Hülle, der sog. Kapillarahülse (Schweigget-Seidel), wodurch eine Wandverdickung und Einengung des Lumens zustande kommt (H A). Die Hülzen halten das Lumen der Arterienenden in unveränderlicher Enge ein, wodurch in den peripher von ihnen gelegenen Kapillaren eine starke Herabsetzung der Blutzufuhr und des Blutdruckes eintreten muß. Man kann in diesen Hülzen eine Schutzeinrichtung für die nachfolgenden zarten Abschnitte des Venensystems erblicken, welche eine allzu rasche Überschwemmung und ein Zerreißen der sog. Milzsinus und der Pulpa verhütet. Die Wand dieser Hülzenarterien besteht hier zunächst innen aus spindeligen, weit in das enge Lumen vorragenden Epithelzellen, auf sie folgt nach außen die Hülse, von nicht ganz aufgeklärtem Bau, bestehend aus längsverlaufenden, feineren und gröberen Fasern mit dazwischen gelegenen Kernen. Der dritte und kürzeste Abschnitt der Arterie kann als arterielle Kapillare (A K) bezeichnet werden. Ihre Wand ist sehr dünn und besteht aus Epithelzellen und spärlichen Hülzenzellen. Die arteriellen Kapillaren münden nun entweder in weite bluthaltige Räume, sog. Milzsinus (kapillare Milzvenen) oder sie öffnen sich frei in die Maschenräume des Retikulums der Milzpulpa (1 u. 2). Die adenoide Arterienscheide und die Milzknötchen werden durch direkt von der durchsetzenden Zentralarterie sich abzweigende Kapillaren versorgt, welche sich am Rande des Knötchens unter Verlust ihrer geschlossenen Wand frei in die Maschenräume des Retikulums öffnen (Fig. 134).

Die Milzsinus bilden ein plexusartig angeordnetes Kanalsystem, das den größten Teil der Milzpulpa ausmacht (Fig. 133, 134). Ihr Durchmesser schwankt zwischen 40 und  $50\ \mu$ . Das die Sinus

UNIV. OF  
CALIFORNIA

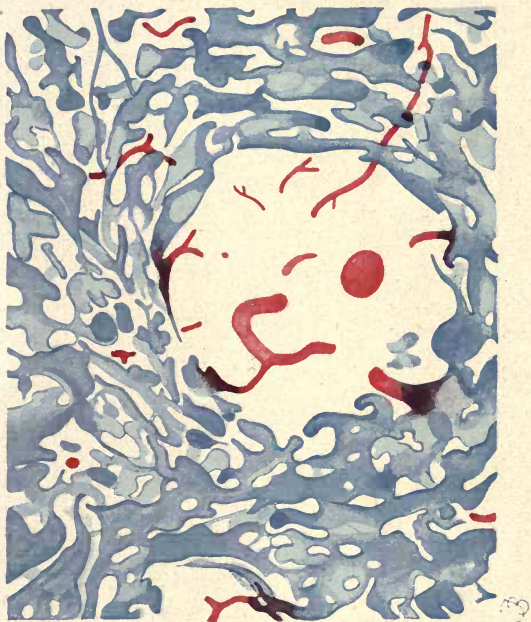


Fig. 133.

Aus der Milz des Kaninchens.

Die Blutgefäße sind doppelt injiziert: die Venen blau, die Arterien rot. In der Mitte ist ein Malpighisches Körperchen getroffen. Ca. 100 mal vergrößert.





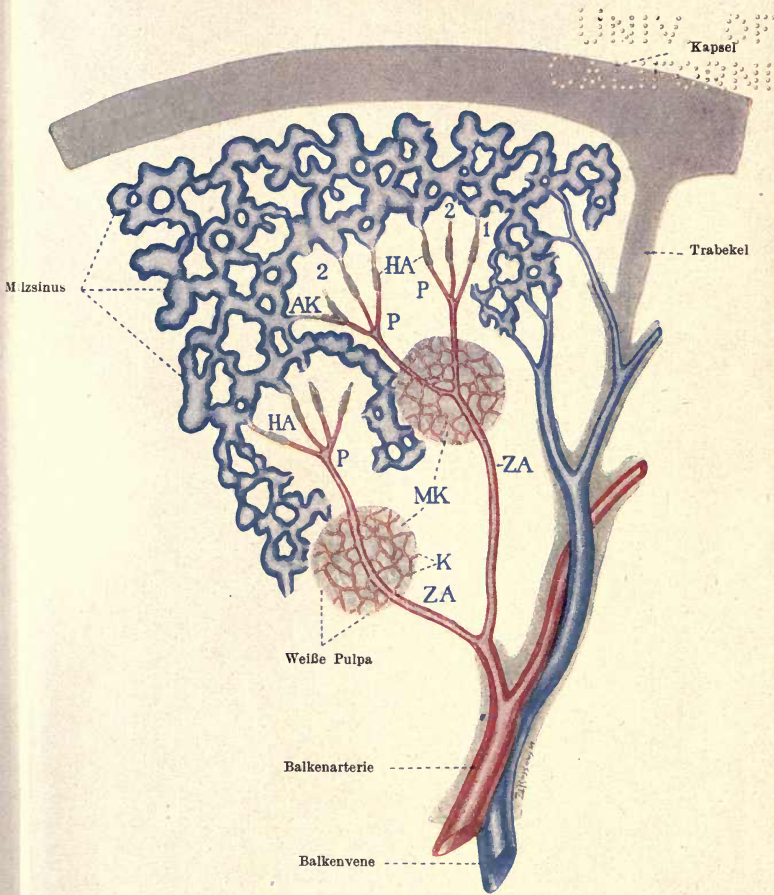


Fig. 134.

Schema der menschlichen Milz. Die rote Pulpa ist weiß.

ZA = Zentralarterie. MK = Malpighisches Körperchen. K = Kapillaren der Malpighischen Körperchen. P = Penicilli. HA = Hülsenarterien. AK = Arterielle Kapillaren, welche 1 in die Milzsinus münden oder 2 sich frei in die Maschenräume des Retikulums der Milzpulpa öffnen.

70 vnu  
ABROUAD

auskleidende Epithel setzt sich aus langen, schmalen, faserförmigen Zellen zusammen. In der Mitte jeder Faser liegt ein Kern, der die Faser an Dicke und Breite übertrifft und deshalb ziemlich stark ins Lumen des Sinus vorspringt. Die Kernmembran ist in zwei bis drei deutlichen Längsfalten eingebuchtet. Daß wir es in diesen Stabzellen mit kontraktilelementen zu tun haben, ist wahrscheinlich, aber noch nicht sicher erwiesen. Die Stabzellen liegen nicht in geschlossener Schicht, sondern sie sitzen in kleinen Zwischenräumen einer homogenen, strukturlosen Außenmembran auf, der Sinusmembran, welche kleine Lücken (Stomata) aufweist. Durch sie sieht man zu allen Zeiten in großer Menge Lymphozyten in die Pulpa durchwandern oder umgekehrt. Ob eine solche Diapedese auch für die Erythrozyten statthat, ist zur Zeit mit voller Sicherheit noch nicht entschieden, aber als wahrscheinlich zu bezeichnen. Nach außen sind die Milzsinus von ziemlich dicken zirkulären, in ungefähr regelmäßigen Abständen angeordneten Fasern — Henleschen Ringfasern — umgeben, die sich mit den Stabzellen unter einem rechten Winkel kreuzen und in bezug auf ihre Eigenschaften eine Mittelstellung zwischen den elastischen Fasern und den Fasern des retikulären Bindegewebes einzunehmen scheinen.

In diese Milzsinus münden also, wie wir sahen, die kleinsten Arterien und die Lymphröhrchen, außerdem stehen sie aber auch durch kurze Seitenäste in offener Verbindung mit den Maschenräumen des Pulparetikulums, in welche, wie oben auseinandergesetzt wurde, ein Teil der arteriellen Kapillaren sich öffnet; andererseits gehen aus ihnen die Pulpavenen hervor, die sich zu den in den Trabekeln mit den Arterien zusammen verlaufenden Balkenvenen sammeln. Die letzteren bestehen aus einer Epithellage, welcher die faserigen Bestandteile der Trabekel direkt anliegen. In der Milz kann also das Blut entweder durch die Arterien in die Sinus strömen und von da aus in die Venen abfließen oder es muß den Umweg durch die Maschen des Pulparetikulums wählen. Unter normalen Umständen werden wohl beide Wege von dem Blutstrom eingeschlagen werden. Ist die Pulpa reich an körperlichen Elementen des Blutes, kann sie nicht mehr aufnehmen, so wird der Überschuß direkt von der Arterie in den Sinus entleert (Weidenreich). Anders wird von Mollier der Bau der Milzsinus aufgefaßt. Nach ihm wird die Wand der Milzsinus von flächenhaft angeordneten, verzweigten Retikulumzellen gebildet, welche untereinander synzytial verbunden sind, so daß die Sinuswand in der Milz keine geschlossene Endothellage hat, sondern durchbrochen gebaut ist. In diesem Retikulum differenzieren sich Fasern, welche selbständig werden können und den Ringfasern entsprechen. Mollier leugnet zugleich das Vorhandensein der Sinusmembran, so daß nichts im Wege stehen würde, daß die Blutelemente



sowohl aus der Blutbahn in die Pulpa, wie auch aus der Pulpa in die Blutbahn gelangen. Falls wir diesen Bau für die Sinuswand annehmen und ihr zugleich eine gewisse Kontraktilität zuschreiben, so können wir uns die Blutbahn in gewissen Momenten bald als geschlossen, bald als unterbrochen denken und auf diese Weise wäre vielleicht der Widerspruch der beiden Meinungen, die in dieser Frage bestehen, ausgeglichen.

Die Lymphgefäße sind in der Milz nur auf die Milzkapsel und ihren serösen Überzug beschränkt, wo sie ein reich verzweigtes feines Netz bilden — nur ausnahmsweise können sie in die Trabekel (Baum) eintreten. Hingegen besitzt das Milzparenchym gar keine Lymphgefäße.

Wie exakte Zählungen ergeben haben, ist das Milzvenenblut an Lymphozyten sehr viel reicher als das Blut der Milzarterien, es stellt also die Milz unzweifelhaft eine Brutstätte für Lymphozyten dar. Da die Milzpulpa keine Lymphgefäße besitzt, gelangt die gesamte Menge der neugebildeten Lymphozyten in die V. lienalis und so ist es erklärlich, daß die Milzvene ca. 70 mal soviel farblose Blutkörperchen enthält als die zuführende Arterie. Es wurde auch nachgewiesen, daß sich in der Milz aus den ungranulierten Zellen vom Lymphozytentypus granulierten, nämlich neutrophile und eosinophile Elemente entwickeln (Weidenreich, Pappenheim) und daß sogar eine Vermehrung der ersteren in der Milz auf mitotischem Wege stattfindet (Weill). Andererseits aber ist die Milz auch der Ort, an dem ein Zerfall von Erythrozyten statthat oder doch wenigstens die Stelle, wo zerfallene Erythrozyten aus der Blutbahn von anderen Zellen, den früher beschriebenen Phagozyten aufgenommen werden. Sie wird deshalb auch geradezu als Filter für zerfallene Erythrozyten bezeichnet. Dieses Material wird nach den Untersuchungen von Pugliese dann durch die Pfortader der Leber zugeführt und hier in Gallenfarbstoff umgesetzt. Außerdem stellt aber die Milz mit ihrem komplizierten Gefäßsystem ein Organ dar, welches einen regulierenden Einfluß auf den Blutstrom innerhalb der Bauchhöhle ausübt und ist zu diesem Zweck außerordentlich reich mit Nerven versorgt.

Die Nerven der Milz stammen aus dem Plexus coeliacus und sind ganz überwiegend sympathischer Natur und nur spärlich mit markhaltigen Fasern durchsetzt. Sie treten mit den Gefäßen am Hilus ein und verzweigen sich auch mit ihnen. Innerhalb der Milzpulpa bilden sie einen weitmaschigen Plexus, von dem einmal motorische Fasern zu den Wänden der Arterien, Sinus und Venen gehen, außerdem aber entwickeln sich auch aus ihm sensible Fasern, die frei in der Pulpa und den Malpighischen Körperchen enden (Köl liker, Retzius).

**Glomus caroticum.**

Das Karotidenknötchen, *Glomus caroticum* (Karotiden-drüse, *Glandula carotica*), ist ein kleines, beim Menschen ungefähr weizenkorngroßes, an der Teilungsstelle der *A. carotis communis* gelegenes Gebilde.

Nach den Untersuchungen Schapers stellt das Karotidenknötchen eine Wucherung der Arterienwand dar. Es wird umhüllt von einer bindegewebigen Kapsel, deren bindegewebige Fortsätze, Septen, das Parenchym in kleine, rundliche Läppchen zerlegen, die ihrerseits wieder aus einzelnen Zellballen bestehen. Jeder Zellballen setzt sich aus rundlichen oder polyedrischen, epithelzellenähnlichen, sog. epitheloiden Zellen zusammen. Von einigen Forschern (Stilling, Kohn, Kose) werden diese Zellen der Kategorie der chromaffinen Zellen, Zellen drüsiger Natur, zugezählt, wie solche vor allem in der Nebenniere (s. dort) in starker Ausbildung auftreten und aus diesem Grunde wird das Karotidenknötchen ebenso wie das sofort zu beschreibende Steißknötchen in das System der dem sympathischen Nervensystem zugehörigen Paraganglien (Kohn) eingereiht und als Drüse mit innerer Sekretion aufgefaßt.

Das Karotidenknötchen zeigt einen großen Gefäßreichtum. Die aus einer der Karotiden in sie eintretende kleine Arterie zerfällt in zahlreiche Zweige, von denen jeder in einen Zellballen eintritt und sich in ihm in ein sehr dicht geknäueltes Kapillarnetz auflöst. Die aus den einzelnen Knäueln austretenden Venen anastomosieren miteinander und bilden einen die Oberfläche des Organs umspinnenden venösen Plexus. Aus ihm sammelt sich das Blut zu mehreren abführenden Venenstämmen.

Kapillaren und epitheloide Zellen sind innig miteinander verbunden, so daß die ersteren häufig die letzteren umgreifen. Im höheren Alter tritt eine Wucherung des Bindegewebes auf Kosten der epitheloiden Zellen ein.

In das Knötchen treten markhaltige und marklose Nervenfasern in großer Zahl ein, in deren Verlauf auch Ganglienzellen eingeschaltet sind.

**Glomus coccygeum.**

Das von Luschka entdeckte Steißknötchen, *Glomus coccygeum* (Steißdrüse, *Glandula coccygea*) sitzt der *A. sacralis media* auf und zeigt im wesentlichen einen ähnlichen Bau wie die Karotiden-drüse. Ein Ast jener Arterie tritt in den Körper ein und löst sich in einen Knäuel von Gefäßen auf, aus dem mehrere kleine Venen das Blut abführen. Um die Gefäße herum liegen die epitheloiden Zellen, sie wie ein Mantel umhüllend. Sie liegen als rundliche oder polyedrische Zellen mit großem Kern dem Gefäßepithel direkt auf. Die

Zellen geben keine Chromreaktion und sollen auch in keinen genetischen Beziehungen zu den sympathischen Ganglien stehen (Stoerk). Aus den Untersuchungen von Schumachers geht hervor, daß sie nichts anderes sind als modifizierte Muskelzellen der Gefäßmedia. Angesichts dieser Tatsachen wird wohl dem Steißknötchen die Funktion einer inneren Sekretion nicht zuzuschreiben sein. Das Körperchen wird umhüllt von einer von der Adventitia der Gefäße stammenden Bindegewebsschicht, welche sich auch als Stroma in das Innere fortsetzt und glatte Muskelzellen enthält.

## 2. Das Lymphgefäßsystem.

### Die Lymphgefäße.

Die ersten Anfänge, die Wurzeln des Lymphgefäßsystems, liegen überall im Körper innerhalb der verschiedensten Organe und

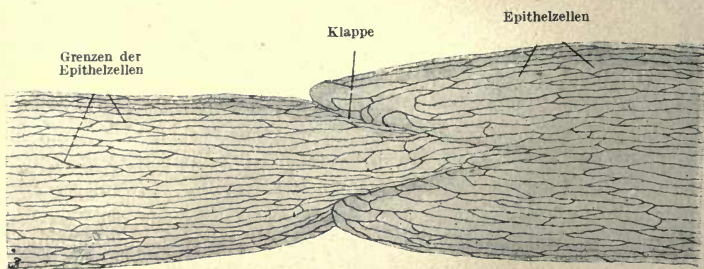


Fig. 135.

Stück eines Lymphgefäßes aus dem Mesenterium des Kaninchens.

Grenzen der Epithelzellen mit Argentum nitricum sichtbar gemacht. Ca. 235 mal vergrößert.

treten in verschiedener Form auf. Zum großen Teil sind es sicherlich einfache Spalten, ein Lückensystem, welches sich z. B. in großer Ausdehnung innerhalb des Bindegewebes und in den nervösen Zentralorganen findet, und das wir mit vollem Recht als wandungslos bezeichnen können. Andererseits aber existieren z. B. in den Drüsen um die Blutkapillaren herum mit Epithel ausgekleidete Räume, welche die aus den Blutgefäßen austretende und das Sekretionsmaterial führende Flüssigkeit passieren muß, um zu den Drüsenzellen zu gelangen. In den Darmzotten bilden die mit Epithel ausgekleideten zentralen Chylusräume die Wurzeln der Chylusgefäße. Auch die größeren serösen Säcke, wie Pleura-, Perikard- und Peritonealhöhle, ebenfalls mit Epithel ausgekleidet, können wir als Lymphwurzeln ansprechen; sie stehen, wie schon Mascagni erkannte, in offener Verbindung mit den Lymphgefäßen.



Aus allen diesen Wurzeln nun entwickeln sich feine Lymphgefäße, Lymphkapillaren, die in großer Zahl die Organe durchsetzen, sich dabei ganz wie die Blutkapillaren zu ausgedehnten Netzen verbinden und auch ganz den gleichen Bau wie die feinsten Blutkapillaren zeigen, nur meist weiter sind als diese und stellenweise Ausbuchtungen aufweisen. Es scheint, daß ihre Wand nur aus Epithel besteht, dessen Zellen von weniger regelmäßigen Formen sind als die der Blutkapillaren.

Die Lymphgefäße, die aus dem Zusammenfluß jener Lymphkapillaren entstehen, gleichen in ihrem Bau den Venen und führen wie jene Klappen, welche dem Lymphstrom nur eine zentripetale Richtung gestatten (Fig. 135). Sie besitzen plattes Epithel und eine bindegewebige Intima mit feinen elastischen Fasern. Die Media enthält zirkulär verlaufende glatte Muskelzellen, und die Adventitia besteht aus längsfaserigem Bindegewebe, vermischt mit elastischen Fasern und glatten Längsmuskeln.

### Die Lymphdrüsen.

In das Lymphgefäßsystem sind an vielen Stellen kleine oder größere Organe eingeschaltet, welchen in erster Linie die Aufgabe erwächst, die körperlichen Elemente der Lymphe zu liefern. Sie zeigen alle das Gemeinsame, daß sie ein aus retikulärem Gewebe bestehendes Gerüstwerk besitzen, dessen Maschen mit zahllosen Zellen vollgepfropft sind. Diese Zellen vermehren sich durch Mitose und gelangen in den Lymphstrom, der das Organ umspült und durchtränkt.

Je nach der Form, in der die Lymphdrüsen auftreten, können wir sie in Lymphknötchen und eigentliche Lymphdrüsen einteilen.

Die Lymphknötchen, Lymphfollikel, *Noduli lymphatici*, finden sich in großer Zahl vor allem in allen Abschnitten des Verdauungskanals, dicht unter dem Epithel gelegen. Im einfachsten Fall stellen sie ein rundliches oder ovales Gebilde dar, das entweder gegen seine Umgebung durch eine Kapsel scharf abgesetzt ist oder diffus in sie übergeht. Die Substanz des Knötchens wird gebildet von adenoidem Gewebe, dessen Grundlage wiederum das Retikulum ausmacht. Seine sternförmigen, anastomosierenden Zellen durchsetzen einmal das gesamte Innere des Knötchens und ordnen sich ferner an der Oberfläche des letzteren in mehreren konzentrischen Schichten zu einer Art Kapsel an.

Die Maschen des Retikulums werden ausgefüllt von kleinen Zellen, den Lymphkörperchen, deren Kern den größten Teil des Zellkörpers ausmacht und nur eine schmale protoplasmatische Zone um sich herum zeigt. Das Retikulum ist ohne weiteres nicht sichtbar,

da die Lymphozyten so dicht gedrängt liegen, daß sie das erstere vollkommen verdecken. Man muß die Lymphozyten erst künstlich durch Pinseln oder Schütteln wegschaffen, damit das Retikulum zum Vorschein komme. In der Peripherie des Knötchens besitzen die Lymphzellen dunklere, stark färbbare und kleinere Kerne, im Innern dagegen sind die Kerne größer, heller, mit einem lichten Chromatinnetz ausgestattet. Hier findet man nun auch immer zahlreiche Zellen in indirekter Teilung begriffen. Schon bei ganz schwacher Vergrößerung hebt sich dieses Keimzentrum als helle Mitte von der dunklen Peripherie des Knötchens ab.

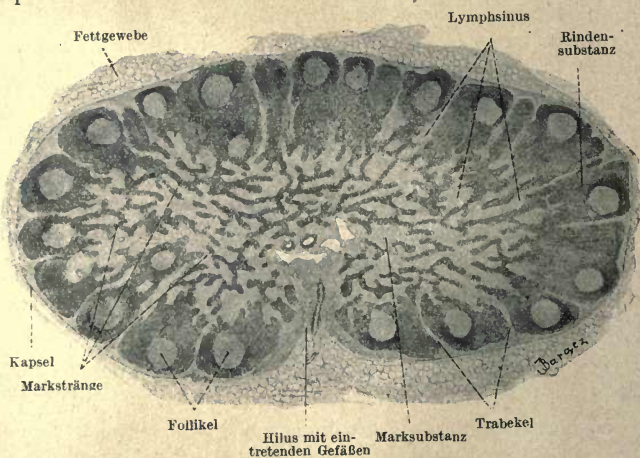


Fig. 136.

Schnitt durch eine kleine Lymphdrüse des Hundes.

Ca. 20 mal vergrößert.

In das Lymphknötchen treten außer Blutgefäßen auch Lymphgefäße ein. Sie durchsetzen die Kapsel und öffnen sich wahrscheinlich in den Kapselhohlraum. Aus der Kapsel führt dann ein zweites Lymphgefäß die abfließende, nun Lymphkörperchen enthaltende Lymphe fort. Da, wo keine Kapsel vorhanden ist, wird die Oberfläche des Knötchens von einem dichten Netzwerk von Lymphgefäßen umspinnen, es wandern die neugebildeten Lymphkörperchen fortwährend durch die Lymphgefäßwände hindurch und gelangen so in den Lymphstrom. In vielen Fällen sind aber diese Lymphkörperchen gar nicht für die Lymphe bestimmt, sondern sie wandern aus den Knötchen direkt ins Epithel des Verdauungstrakts hinein und gelangen, dieses durchsetzend, ins Lumen. Hier zerfallen sie. Die Rolle, die ihre Zerfallsprodukte für die Verdauung spielen, ist nicht näher zu bestimmen.



Die Lymphknötchen können entweder einzeln stehen als Solitär-follikel, *Noduli lymphatici solitarii*, oder sie können sich zu größeren lymphoiden Platten aneinanderreihen als aggregierte Follikel, *Noduli lymphatici aggregati*. Solche aggregierte Follikel sind die Peyerschen Haufen des Darms, die Tonsillen in der Rachenhöhle, die Balgdrüsen in der Zunge.

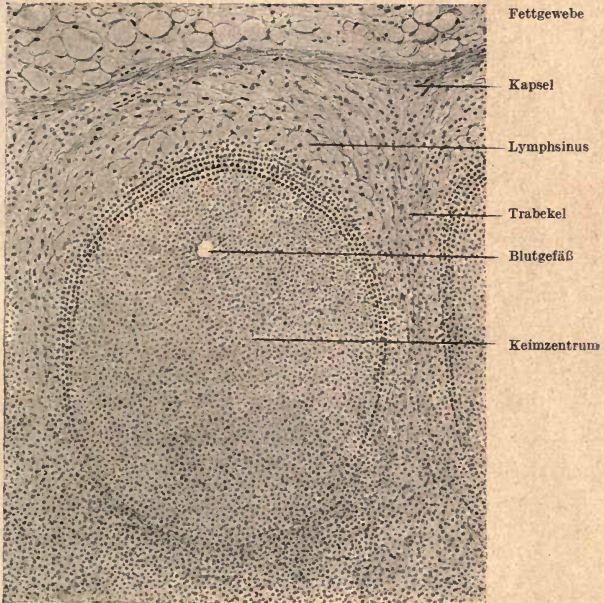


Fig. 137.

Aus der Rindensubstanz einer Lymphdrüse des Hundes.

Ca. 150 mal vergrößert.

Die Lymphdrüsen, Lymphknoten, Lymphoglandulae sind größere oder kleinere, gewöhnlich bohnenförmige Körper und schon wesentlich komplizierter gebaut. Jede Lymphdrüse wird umhüllt von einer Kapsel, welche beim Menschen 40—80  $\mu$  dick ist. Früher wurde diese Kapsel als aus fibrillärem Bindegewebe bestehend bezeichnet, die Untersuchungen der letzten Zeit haben jedoch ergeben, daß sie nur wenig kollagenes Gewebe enthält und zum größten Teil aus retikulärem Gewebe besteht. Glatte Muskelzellen kommen in ihr bei vielen Tieren vor, beim Menschen finden sie sich dagegen selten. Von ihr strahlen in wechselnder Menge Septen, die Trabekel, in



das Innere des Organs, die sich bald netzförmig miteinander verbinden und ein zentrales Maschenwerk bilden (Fig. 136). Wir können so an jeder Lymphdrüse einen gekammerten, gefächerten Rindenteil und einen netzförmigen Markteil unterscheiden, welche beide ineinander übergehen. Diese Räume sind nun ausgefüllt mit dem Parenchym, einer zelligen Masse, die entsprechend der oben beschriebenen Anordnung der bindegewebigen Septen in der Rinde birnförmige Massen bilden muß, welche sich nach dem Mark zu verzweigen und in ein System dicker Balken übergehen, die, netzartig miteinander verbunden,



Fig. 138.

Aus der Marksubstanz einer Lymphdrüse der Katze.

Ca. 250 mal vergrößert.

die Marksubstanz der Lymphdrüse bilden. Es ist also das Parenchym der Lymphdrüse in der Rindensubstanz in Form rundlicher oder birnförmiger Ballen, Follikel, Rindenknötchen, in der Marksubstanz in Form eines Netzwerkes dicker Balken, Markstränge, angeordnet (Fig. 136).

Das Parenchym füllt aber den ihm zugewiesenen Raum innerhalb der Trabekel nicht vollkommen aus, sondern ist von den letzteren durch engere oder weitere Spalträume getrennt. So wird vor allem die Oberfläche der Rindenknötchen durch weitere Räume von der Innenfläche der Kapsel getrennt; etwas enger, aber immer noch deutlich erkennbar sind die Spalten, welche die Seitenflächen der

Rindenknötchen und die Markstränge von dem Trabekularsystem der Rinde und des Markes trennen. So entsteht ein Hohlraumsystem, welches die gesamte Oberfläche des Parenchyms umgibt und die ganze Drüse durchzieht. Wir bezeichnen es als die Lymphsinus, und man kann, da diese Räume mit Flüssigkeit, nämlich mit Lymphe, gefüllt sind, auch sagen, daß das gesamte Lymphdrüsenparenchym in den Lymphsinus gleichsam schwimmt (Fig. 137, 138).

Es handelt sich aber dabei nicht um ein freies Schwimmen, sondern das Parenchym ist mittelst zahlloser feiner, die Sinus durchdringender Fäden an der Kapsel- bzw. an der Trabekularwand fixiert. Es bestehen die Trabekel ja nicht, wie man früher annahm, aus fibrillärem Bindegewebe, sondern ebenfalls aus retikulärem, in Längszügen angeordnetem Gewebe. An der Oberfläche der Trabekel liegen die Zellen dicht zusammen und schicken nun ihre Ausläufer durch die Lymphsinus hindurch in das Parenchym hinein, wo sie wieder mit den Zellen des dort befindlichen Retikulums anastomosieren (Fig. 138). Wir haben demgemäß sowohl in dem Parenchym als auch in den Sinus ein Retikulum, nur enthält dieses im ersteren Lymphzellen, in den letzteren dagegen keine, so daß die Sinus für die Lymphe passierbar bleiben.

Über den Bau des Parenchyms ist weiter nichts zu sagen. Die Rindenknötchen gleichen in ihrem Bau ganz den Solitärfollikeln; sie enthalten stets stark entwickelte Keimzentren, in denen sich die Lymphozyten vermehren. Die Markstränge sind Stränge retikulären Gewebes, mit Lymphzellen vollgepfropft. Die Lymphsinus sollten nach den früheren, besonders durch Ranvier vertretenen Anschauungen von Epithelzellen ausgekleidet sein. Diese Epithelzellen sind aber sicher nichts anderes als Retikulumzellen, die ja, wie wir früher gesehen haben, in ihrem Protoplasmakörper Fasern entwickeln können und dies auch im Retikulum der Lymphdrüsen in reichem Maße tun (Thomé). Wir erhalten so ein Fasernetzwerk, das vollkommen von Protoplasma umhüllt ist. An der Innenfläche der Kapsel und an den Trabekeln können sich diese Retikulumzellen so eng aneinander lagern, daß sie den Eindruck eines Epithels machen.

In jede Lymphdrüse münden ein oder mehrere Lymphgefäße, die wir als Vasa afferentia bezeichnen. Sie treten meist an der konvexen Seite an die Drüse, die wir uns in Bohnenform denken müssen, heran, durchdringen die Kapsel und öffnen sich in die dicht unter der letzteren gelegenen Sinus. Aus der Drüse heraus tritt an der konkaven Fläche, im sog. Hilus, das abführende Lymphgefäß, Vas efferens, meist in der Einzahl vorhanden. Es entwickelt sich durch Zusammentreten der Sinus der Marksubstanz. Es fließt also die Lymphe, von der Rinde der Drüse her, aus den Rindensinus in die Marksinus und verläßt die Drüse durch das Vas efferens. Der

Lymphstrom reißt dabei fortwährend Lymphkörperchen los und schwemmt sie mit sich aus der Drüse. Es ist so die Lymphe des Vas efferens beträchtlich reicher an Lymphozyten als die der Vasa afferentia. Der Lymphstrom findet aber auch innerhalb des engen Retikulums der Lymphsinus einen beträchtlichen Stromwiderstand, der zu einer Stromverlangsamung führt, worin auch ein wichtiges pathologisch-physiologisches Moment liegt. Es finden so dem Körper fremde oder schädliche Stoffe, welche ja außerordentlich leicht in die Lymphbahnen, z. B. des subkutanen Bindegewebes oder der Lungen, gelangen können, Zeit, sich hier festzusetzen. Sie können eine Entzündung und damit eine Schwellung der Drüse verursachen, wodurch der Lymphabfluß aus der infizierten Gegend in die Blutbahn verhindert wird.

Die Arterien dringen in die Lymphdrüse am Hilus ein, verlaufen in ihren gröberen Stämmchen in den Trabekeln und schicken in das Parenchym feine Zweige, welche hier in Kapillaren zerfallen. Das Verhalten der Venen ist das gleiche.

Die Nerven der Lymphdrüsen scheinen ausschließlich für die Gefäße bestimmt zu sein. Über ihr Verhalten ist wenig bekannt.

#### Anhang: Blutlymphdrüsen.

In den letzten Jahren sind unter dem Namen Blutlymphdrüsen (Hämolymphdrüsen, rote Lymphdrüsen) Organe beschrieben worden, denen gleichsam eine Mittelstellung zwischen der Milz und den echten Lymphdrüsen zukommt. Sie erscheinen besonders häufig bei manchen Wiederkäuern, z. B. beim Schaf, neben den eigentlichen Lymphdrüsen (Vincent und Harrison, Schumacher, Weidenreich, Baum).

Von den echten Lymphdrüsen unterscheiden sie sich dadurch, daß sie weder zu- noch abführende Lymphgefäße besitzen und in ihren Sinus, also außerhalb der Blutgefäßbahn rote Blutkörperchen enthalten. In diesen Organen findet keine Bildung, sondern im Gegenteil, ähnlich wie in der Milz, eine Zerstörung von Erythrozyten statt. Außerdem werden in ihnen auch Lymphozyten gebildet, die, da Lymphgefäße nicht vorhanden sind, von den Venen aufgenommen und in den Kreislauf gebracht werden.

Weitere Forschungen haben jedoch erwiesen, daß alle Übergangsformen von den eigentlichen Lymphdrüsen mit Lymphgefäßen ohne rote Blutkörperchen in den Sinus zu den Lymphdrüsen ohne Lymphgefäße mit roten Blutkörperchen in den Sinus, d. i. also zu den eigentlichen Blutlymphdrüsen existieren. Es können nämlich sowohl die Lymphdrüsen mit, als auch die ohne Lymphgefäße in ihren Sinus rote Blutkörperchen enthalten oder nicht. Daher wären die Blutlymphdrüsen nicht als Organe sui generis, sondern als rudimentäre Lymphdrüsenformen aufzufassen (Schumacher).



### Die Thymus.

Die Thymus ist ein Organ, das im entwickelten Zustand den Lymphdrüsen ziemlich nahe steht, sich aber entwicklungsgeschichtlich streng von ihnen unterscheidet; während die Lymphdrüsen aus plexusartig verflochtenen Lymphgefäßen entstehen, also sicherlich mesenchymaler Abkunft sind, ist die Thymus ein Abkömmling des inneren Keimblattes (Köl liker); sie entwickelt sich aus dem Epithel der Schlundspalten und wäre vom entwicklungsgeschichtlichen Standpunkt aus mit der Schilddrüse zusammenzustellen.

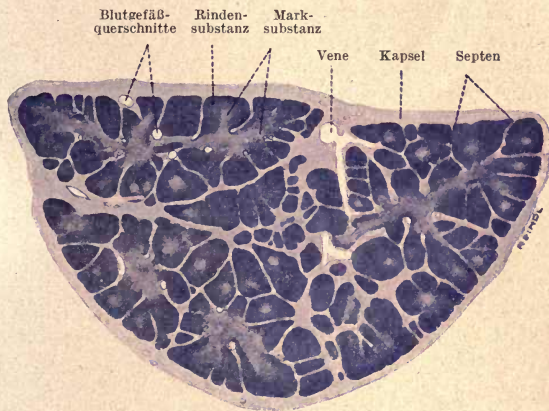


Fig. 139.

Durchschnitt der Thymus eines 7 Monate alten Kindes. Übersichtsbild. Es sind mehrere Drüsenläppchen mit den feinen Verbindungssträngen zu sehen.

8 mal vergrößert.

Die Thymus ist ein Organ, dessen Wachstum nur bis zum 15. Jahre fort dauert und das sich mit dem Eintritt der Geschlechtsreife zurückzubilden beginnt. Sie setzt sich aus makroskopisch zahlreichen, bis zu 10 mm im Durchmesser haltenden Läppchen zusammen, die wieder durch lockeres Bindegewebe zu den beiden das Organ bildenden Hauptlappen vereinigt werden. Jedes dieser Läppchen besteht mikroskopisch wieder aus mehreren kleineren (ca. 1 mm großen), ebenfalls durch Bindegewebe getrennten Läppchen (Fig. 139, 140). An jedem Läppchen können wir eine dunkle Rinde und eine helle Mitte (Mark) unterscheiden.

Die Stützsubstanz eines jeden Läppchens wird von einem Reticulum gebildet, das aus sternförmigen, miteinander anastomosierenden Zellen besteht. Sie sind im Mark größer, protoplasmareicher als in

der Rinde. In der Rindensubstanz sind die Maschen dieses Retikulums vollgepfropft mit Lymphozyten (kleine Thymuszellen), die besonders in den äußeren Schichten im funktionierenden Organ zahlreiche Mitosen aufweisen. Es findet hier eine fortwährende lebhaft Zellwucherung statt.

Eine Aufklärung der Frage nach der Herkunft der die Thymus zusammensetzenden Gewebe verdanken wir hauptsächlich den Untersuchungen Hammars und Maximows. Die Hammarsche Lehre von der epithelialen Natur des Retikulums und von der echten Lymphozytennatur der kleinen Thymuszellen, sowie ihrer mesenchymatischen Abstammung fand Bestätigung in den trefflichen Arbeiten Maximows, die wir zur Grundlage unserer diesbezüglichen Schilderung nehmen.

In der Umgebung der Thymusanlage entstehen im Mesenchym durch Abrundung und Isolierung der sternförmigen, fixen Mesenchymzellen Lymphozyten, welche bereits in sehr frühen Stadien in die epitheliale Thymusanlage einwandern. Sie treten hier in Gestalt von großen und kleinen Lymphozyten, sowie in Übergangsformen von ersteren zu letzteren auf. Da die eingedrungenen Lymphozyten hier offenbar sehr günstige Existenzbedingungen finden, kommt es zu einer außerordentlich ergiebigen Vermehrung, so daß sehr bald das ganze Epithel von Lymphozyten überschwemmt wird. Durch die wiederholten Teilungen werden die Lymphozyten immer kleiner und entsprechen zuletzt ganz den typischen kleinen Lymphozyten. Infolge der sehr raschen Wucherung der Lymphozyten werden die Epithelzellen immer mehr auseinandergeschoben und nehmen eine sternförmige Gestalt an; so entsteht ein epitheliales Retikulum aus sternförmigen, durch Ausläufer miteinander verbundenen Epithelzellen, dessen Maschen von den Lymphozyten eingenommen werden. Die letzteren können ausnahmsweise durch Auftreten von Körnchen in ihrem Protoplasma sich in granulierten Leukozytenformen verwandeln.

In der Marksubstanz dagegen hypertrophieren herdwiese die Epithelzellen und vereinigen sich zu synzytialen groß- und blaßkernigen Massen, während die Lymphozyten degenerieren und sich aus diesen Bezirken entfernen.

Das Thymusgewebe ist vom adenoiden Gewebe der Lymphknoten völlig verschieden. Während in den letzteren die Retikulumzellen und Lymphozyten aus einer gemeinsamen Quelle, nämlich aus mesenchymatischen Elementen entstehen, ist in der Thymus das Retikulum epithelialen Ursprungs und ihre Lymphozyten sind fremde, zwischen die Epithelzellen eingedrungene Elemente.

Die Eigentümlichkeit der Thymus liegt darin, daß sich in ihr zwei Gewebe, Epithel und Mesenchym, die sonst immer streng geschieden erscheinen, innig durchwachsen (Maximow).

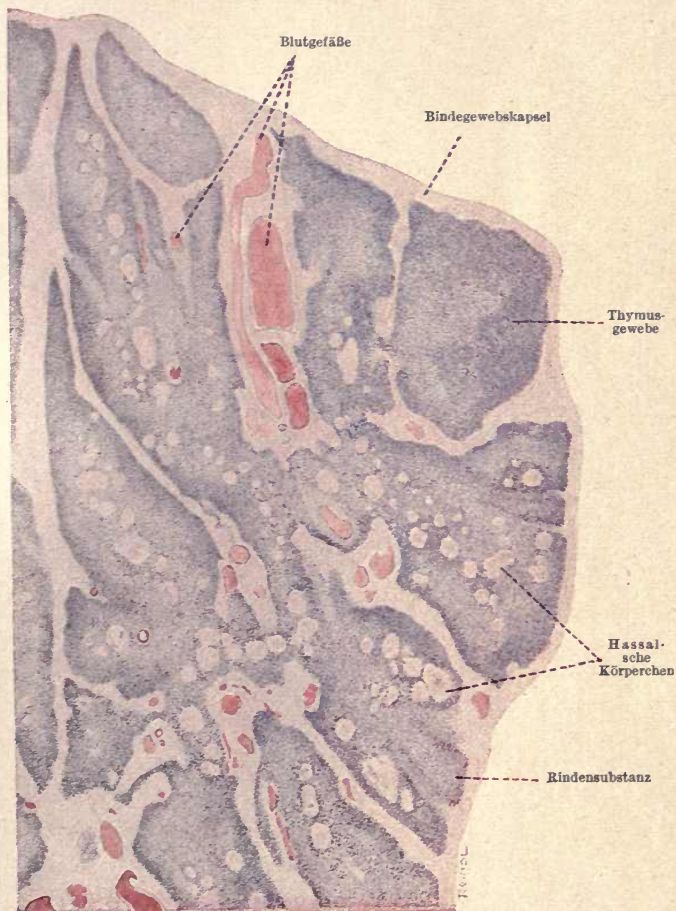


Fig. 140.

Teil eines Schnittes durch die Thymus eines vier Monate alten Kindes.

Ca. 34 mal vergrößert.





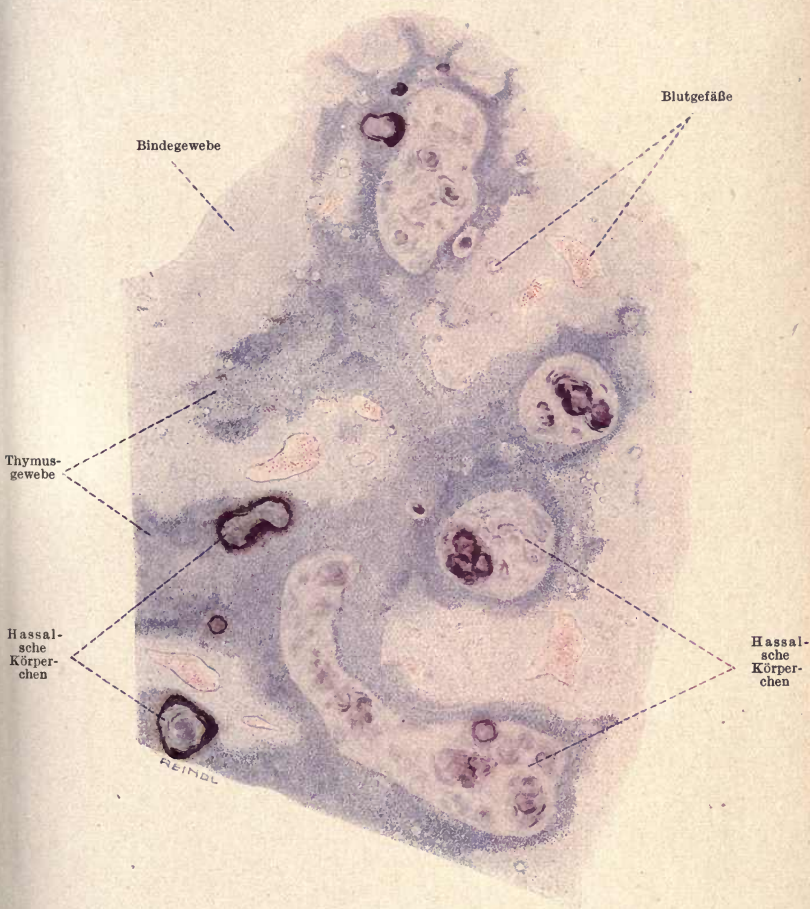


Fig. 141.

Teil eines Schnittes durch die Thymus eines 10 Jahre alten Kindes.

Ca. 60 mal vergrößert.





In der Marksubstanz finden sich neben spärlichen Lymphozyten eigenartige Gebilde, die unter dem Namen der Hassallschen Körperchen bekannt sind (Fig. 141, 142). Beim Menschen treten sie schon am Ende des dritten Fetalmonats (Hammar) auf. Es sind das aus schichtenförmig angeordneten Zellen bestehende Körper, deren zentrale Zellen sich in mehr oder weniger weit fortgeschrittener Degeneration befinden. Diese degenerativen Prozesse können verschiedener Art sein und zur Bildung einer zentralen Höhle führen, in welcher die Zerfallsprodukte liegen und Wanderzellen erscheinen. In betreff der Entstehung dieser Gebilde sind im Laufe der Jahre verschiedene Ansichten aufgetaucht, deren wichtigste wir hier anführen wollen. Während von den einen die Hassallschen Körperchen als Überreste der

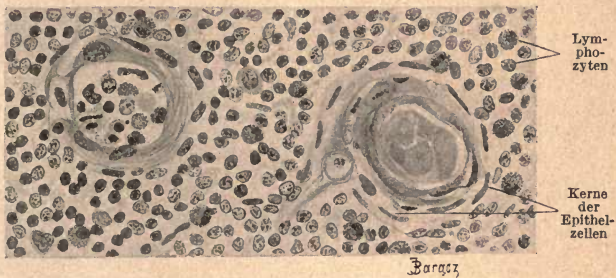


Fig. 142.

Zwei Hassallsche Körperchen aus einem Schnitte durch die Thymus eines sechs Monate alten Kindes.

Ca. 470 mal vergrößert.

ursprünglichen epithelialen Thymusanlage angesprochen werden (W. Krause, His, Stieda, Maurer), sollen dieselben nach anderen aus dem Gefäßepithel hervorgehen, welches wuchert, das Gefäßlumen verstopft und die Involution des Organs zur Folge hat (Afanassiew, Nusbaum und Machowski, Prymak, Dustin). Den Untersuchungen von Hammar zufolge sind sie aber als durch Hypertrophie der Retikulumzellen des Markes entstandene Gebilde zu betrachten. Die Hypertrophie geht gewöhnlich von einer Zelle aus und betrifft dann sukzessiv die umliegenden Zellen, was eine konzentrische Lagerung der Zellen innerhalb der Hassallschen Körperchen zur Folge hat.

Die Bedeutung der Hassallschen Körperchen ist noch unklar. Die einen bringen ihr Auftreten in Zusammenhang mit der Involution des Organs, andere Forscher aber erblicken in ihnen, ohne zureichenden Grund, sekretorische Organe und zählen daraufhin die Thymus den Drüsen mit innerer Sekretion zu (Mensi, Magni).

Häufig finden sich innerhalb der Thymusläppchen kleine Höhlen, Zysten, ausgekleidet mit kubischem oder zylindrischem Flimmerepithel. Im Lumen der Zyste liegt ein kleiner Sekretklumpen. Auch sie sollen nach Hammar aus Retikulumzellen entstehen, die ihren ursprünglichen Epithelzellencharakter wieder angenommen haben. Innerhalb der Retikulumzellen kann es zu einer Fibrillendifferenzierung kommen, diese Fibrillen aber entsprechen nicht den Bindegewebsfibrillen, sondern den in Zellen epithelialer Natur sich bildenden Fibrillen, wie z. B. den Gliafasern im Zentralnervensystem.

Bei der Involution, welche mit dem Eintritt der Geschlechtsreife beginnt, nimmt besonders die Rindensubstanz allmählich ab, die Lymphozyten schwinden immer mehr und mehr, und es bleiben nur noch strangförmig angeordnete Epithelzellen übrig, die zum Teil der Degeneration anheimfallen.

Die Thymus ist die Bildungsstätte von jungen Lymphozyten, welche in die Lymph- und Blutzirkulation gelangen, und muß deshalb als echtes blutbildendes Organ betrachtet werden (Hammar, Maximow). Außerdem hat man noch die Bildung von granulierten Leukozytenformen, nämlich der neutro- und eosinophilen beobachtet (Weidenreich, Weill). Ja, es wird der Thymus sogar eine erythrozytenbildende Funktion zugeschrieben (Schaffer).

Die Arterien, mit denen die Thymus reich versorgt wird, dringen in das Innere der primären Läppchen ein und zerfallen an der Grenze der Rindensubstanz in ein feines, die letztere durchdringendes Kapillarnetz, aus dem sich ein doppeltes Venensystem entwickelt: es finden nämlich die Kapillaren ihren Abfluß teilweise durch die Bindegewebskapsel in die interlobulären Venen, zum Teil vereinigen sie sich dagegen im Innern des Markes zu Venen. Auch mit Lymphgefäßen ist die Thymus reich versorgt. Die Nerven bilden um die Gefäße feine Geflechte und dringen mit ihnen bis in die Marksubstanz vor.

### 3. Drüsen mit innerer Sekretion.

Mit dieser Bezeichnung fassen wir eine Anzahl Organe von verschiedener Funktion und ganz differenter Abstammung zusammen. Ihr Zusammenbringen unter dem obigen Namen wird einzig und allein durch die Tatsache gerechtfertigt, daß allen diesen Drüsen im ausgebildeten Zustande ein besonderer Ausführungsgang fehlt und sie ihr Sekret in die Blut- oder Lymphgefäße entleeren. Zu ihnen gehören:

1. Die Schilddrüse,
2. Die Nebenschilddrüsen,
3. Die Nebenniere,
4. Die Hypophyse,
5. Die Epiphyse.

Neben diesen Drüsen, deren Tätigkeit ausschließlich in einer inneren Sekretion besteht, gibt es noch andere, die außer der ihnen eigentlich zukommenden äußeren Sekretion, auch noch eine innere Sekretion verrichten, wie Pankreas, Keimdrüsen und Niere.

Der Bau dieser letzteren Drüsen wird in speziellen Kapiteln seine Besprechung finden.

### 1. Die Schilddrüse.

Die Schilddrüse, *Glandula thyreoidea*, ist ektodermalen Ursprungs, sie stammt nämlich vom Epithel der Schlundhöhle ab

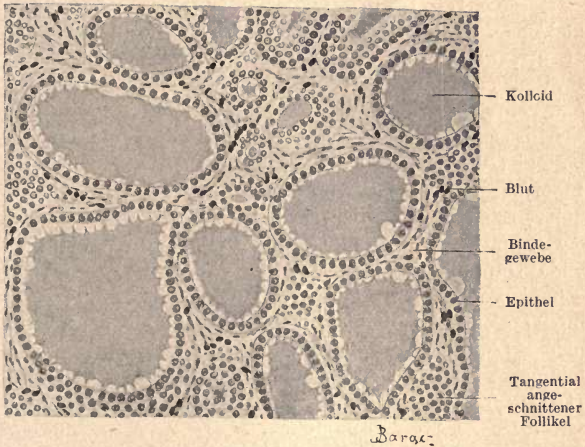


Fig. 143.

Stück eines Schnittes durch die Schilddrüse des Menschen.

Die hellen Bläschen zwischen dem Kolloid und den Epithelzellen sind durch die Retraktion des ersteren entstanden.

Ca. 180 mal vergrößert.

und wird ursprünglich als eine zusammengesetzte tubulöse Drüse angelegt. Ihr Ausführungsgang (*Ductus thyreoglossus*), der nach außen im Foramen coecum der Zunge mündet, obliteriert schon während des Embryonallebens, wodurch die Verbindung der Drüse mit der Außenwelt verloren geht. Die Tubuli aber werden durch wucherndes Bindegewebe in kurze Abschnitte, die Schilddrüsenfollikel, zerschnürt.

Die Schilddrüse stellt also im entwickelten Zustande eine alveoläre Drüse ohne Ausführungsgang dar. Das ganze Organ ist von einer derben, bindegewebigen Kapsel umhüllt, welche in das Innere Septen



entsendet. Diese Septen sondern die ganze Drüse in Läppchen und geben wieder Fortsätze ab, die die einzelnen Follikel voneinander trennen. Die Schilddrüsenfollikel sind in der Regel von kugelig oder ovoider Gestalt, können aber manchmal die Form längerer mit Ausstülpungen versehener Schläuche annehmen.

Jeder Follikel ist von einem einschichtigen, kubischen oder seltener zylindrischen Epithel ausgekleidet (Fig. 143). Außen sollen, nach der Ansicht mancher Autoren, diese Epithelzellen von einer dünnen strukturlosen *Membrana propria* umschlossen sein, doch wird die Existenz der letzteren von der Mehrzahl der Forscher nicht anerkannt.

Nach Langendorff können zwei Arten der die Follikel auskleidenden Zellen unterschieden werden: die die Mehrzahl bildenden Hauptzellen mit einem helleren, sich nur schwach färbendem Protoplasma und die Kolloidzellen, welche spezifische Körner, bzw. eine homogene, stark lichtbrechende Substanz enthalten und sich deshalb intensiv färben. Nach ihrem Verhalten zu Reagenzien bestehen die in den Kolloidzellen enthaltenen Körnchen aus einer Lipoidsubstanz (v. Ebner). Diese Haupt- und Kolloidzellen scheinen nur verschiedene Funktionszustände derselben Zellen zu sein. Während der Sekretion sollen nämlich die Hauptzellen durch allmähliche kolloide Umwandlung ihres Inhalts schließlich in Kolloidzellen übergehen. Letztere Zellen können nun unter Beibehaltung ihrer Form ihren kolloidalen Inhalt in Form von kleineren oder größeren Tröpfchen in das Lumen des Follikels ausstoßen oder aber gänzlich in Kolloidmasse übergehen und eingeschmolzen werden (Langendorff, Hürthle).

Das spezifische Produkt der Schilddrüse, das Kolloid füllt das Lumen des Follikels als eine zähe, homogene Masse gewöhnlich vollständig aus, erscheint im mikroskopischen Präparat jedoch oft infolge Schrumpfung von den Epithelzellen retrahiert (Fig. 143). Es besitzt eine große Verwandtschaft zu sauren Teerfarbstoffen, z. B. Eosin, und enthält zwei Substanzen: das jodhaltige Jodthyreoglobulin und ein phosphor- und arsenhaltiges Nukleoproteid. Der Follikelinhalt gelangt in die Lymphgefäße der Thyreoidea, in denen das Vorkommen von Kolloid nachgewiesen wurde (Biondi, Zielińska). Doch sind sich die Forscher über die Art der Sekretausstoßung noch nicht einig. Die einen behaupten, der Ausfluß des Sekrets erfolge durch besondere Interzellulargänge, durch feine Spalten, welche die Lymphwege mit dem Binnenraum der Follikel in Verbindung setzen (Hürthle, Matsunaga), andere dagegen nehmen eine Einschmelzung der Epithelzellen an, infolge deren ein Durchbruch und Erguß der Kolloidmasse in die Lymphräume erfolgt. Durch Vermittelung letzterer gelangt die Sekretmasse in die Blutbahn.

Das interfollikuläre Bindegewebe ist der Träger der Blut- und Lymphgefäße, sowie der Nerven.

Die Blutgefäße bilden ein reiches engmaschiges Kapillarnetz, das die Follikel eng umspinnt. Die Kapillaren liegen den Follikelzellen dicht an. Die Lymphgefäße bilden gleichfalls dichte, perifollikuläre Netze, welche sich direkt an die Außenfläche der Follikelzellen anlegen und durch Vermittelung interzellulärer Lymphgänge mit dem Inneren der Follikel kommunizieren. Hürthle und Matsunaga konnten von den Lymphgefäßen aus Injektionsmasse zwischen den Follikelepithelzellen hindurch in das Follikellumen treiben.

Die die Schilddrüse versorgenden Nerven sind zum größten Teil sympathischer Natur und für die Gefäße bestimmt, daneben erhält die Drüse auch noch Zweige vom N. vagus, und zwar vom N. laryngeus superior und N. recurrens. Sie bilden in der Drüse dichte Geflechte und umgeben jeden Follikel mit einem Nervenplexus; die aus diesem austretenden Fasern endigen mit kleinen Knöpfchen an der basalen Fläche der Follikelzellen (Sacerdotti, Crisafulli, Andersson).

Die Schilddrüse ist ein lebenswichtiges Organ. Sie beeinflusst den Stoffwechsel, die Herztätigkeit, gewisse Teile des sympathischen Nervensystems, das Knochenwachstum, die Entwicklung der Keimdrüsen usw. Sowohl die beschränkte, wie auch die übermäßige Tätigkeit der Schilddrüse hat für die Gesundheit nachteilige Folgen.

## 2. Die Nebenschilddrüsen.

Als Nebenschilddrüsen, Beischilddrüsen, Epithelkörperchen, *Glandulae parathyreoideae*, bezeichnet man kleine von Sandström entdeckte Körperchen, welche beim Menschen der Regel nach in der Anzahl von zwei jedem der beiden Schilddrüsenlappen angelagert sind.

Ihre Länge beträgt 3—15 mm, ihre Breite und Dicke 2—4 mm. Jedes Körperchen ist von einer bindegewebigen Kapsel umhüllt, von welcher aus zahlreiche, zarte Septen in das Innere eindringen, sich netzförmig verbinden und das Parenchym in miteinander anastomosierende Zellstränge zerteilen (Fig. 144). Je nach dem Ausbildungsgrade des Bindegewebes kann der Bau dieser Organe gewissen Modifikationen unterliegen. Das Bindegewebe kann nämlich in gewissen Fällen in seiner Entwicklung sehr zurückbleiben, so daß das Körperchen eine zusammenhängende, von der bindegewebigen Kapsel umgebene und von einem dichten Kapillarnetz durchzogene Zellenmasse darstellt, in anderen Fällen aber kann das zu stärkerer Ausbildung gelangende Bindegewebe das Parenchym in viele, follikelähnliche Gebilde zerklüften. Im Parenchym lassen

sich bedeutend zahlreichere, schwach färbbare (Hauptzellen) und weniger zahlreiche, stärker sich färbende Zellen (chromo- oder oxyphile Zellen) erkennen. Diese Differenzen sollen manchen Forschern zufolge in verschiedenen funktionellen Zuständen begründet sein, worauf auch mannigfache Übergangsformen hinzuweisen scheinen.

Vielfach trifft man eine follikelähnliche Anordnung der Zellen und innerhalb der Follikel eine Kolloidsubstanz an, ganz wie in der

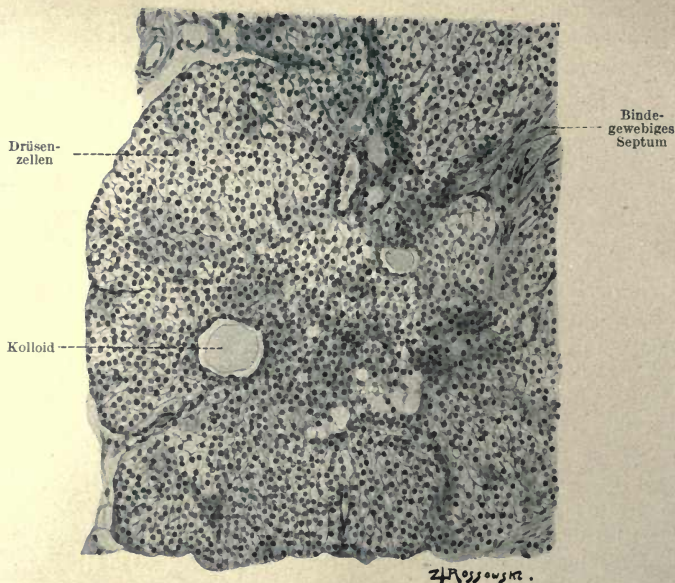


Fig. 144.

Teil eines Schnittes durch die Nebenschilddrüse des Menschen.

Ca. 350 mal vergrößert.

Schilddrüse (Fig. 144). Mit fortschreitendem Alter erscheint das Kolloid häufiger entweder als intrafollikuläre Masse oder aber in Form von intrazellulären Kügelchen. Während die einen (Livini, Pepere) das Kolloid der Nebenschilddrüse als normales Sekretionsprodukt auffassen, betrachten es andere (Kohn, Benjamins, Petersen) als Degenerationsprodukt.

Die kapillären Blutgefäße bilden ein engmaschiges Netz und sind teilweise von einer zarten Bindegewebsscheide umgeben, größtenteils aber grenzen sie direkt an die Epithelzellen.



### 3. Die Nebenniere.

Die Nebenniere, *Glandula suprarenalis*, der Säugetiere besteht aus zwei ihrem Bau und ihrer Abstammung nach vollständig getrennten Teilen, von denen der eine, die Rindenschicht des Organs bildende, epithelialer Natur ist und vom Zwischennierensystem, der andere, die Markschrift bildende, nervöser Natur ist und vom sympathischen Nervensystem abstammt. Nur bei den Säugern kommt es zu einer derart regelmäßigen Anlagerung oder Einlagerung der letzteren in die erstere, daß eine epitheliale Rinde und ein nervöses Mark entsteht. Bei niederen Wirbeltieren ist die Durchwachsung entweder eine ganz unregelmäßige oder es kommt

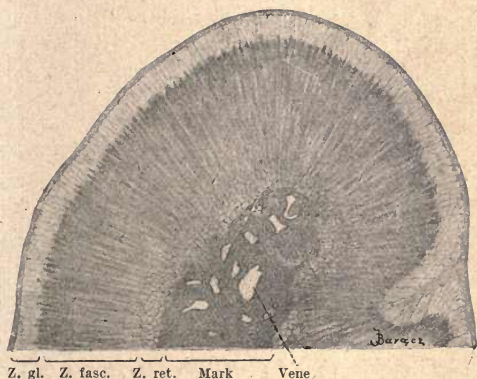


Fig. 145.

Stück eines Querschnittes durch die Nebenniere des Hundes.

Z. gl. Der Zona glomerulosa entsprechende Partie. Ca. 22 mal vergrößert.

überhaupt zu keiner Verbindung beider, so daß die Nebenniere dann ein rein epitheliales Organ repräsentiert (Interrenalorgan der Rochen, Stannius'sche Körperchen der Teleostier).

Schon makroskopisch läßt sich in der Nebenniere des Menschen und der Säuger die dunkle Marksubstanz von der hellen Rindensubstanz ohne weiteres unterscheiden (Fig. 145, 146).

Nach außen ist die Nebenniere von einer starken, bindegewebigen Kapsel umgeben, die in ihren äußeren, aufgelockerten Schichten beim Erwachsenen vielfach Fettzellen enthält. Von ihrer Innenfläche strahlen zahlreiche, Gefäße und Nerven führende, konvergierende Septen aus, die radiär in die Rindensubstanz eindringen und sich zunächst zu röhrenförmigen, 40—50  $\mu$  weiten Hüllen, dann zu einem Wabenwerk vereinigen (Fig. 147). An der Grenze zwischen

Mark- und Rindensubstanz angekommen, lösen sie sich in feine, in die Marksubstanz einstrahlende Fäaserschen auf. In seltenen Fällen erreicht das Bindegewebe an der Grenze zwischen Mark und Rinde eine starke Entwicklung und bildet eine mächtige Markkapsel.

Innerhalb der Rindensubstanz setzt sich das Parenchym aus Zellen zusammen, welche in charakteristischer Weise innerhalb jener Bindegewebsfächer zu soliden Strängen angeordnet sind, und zwar bilden sie dicht unter der Kapsel zunächst rundliche Ballen (Zellnester), verlaufen nachher direkt radiär nach innen, um schließlich sich zu einem Netzwerk zu verbinden. Wir können dementsprechend an

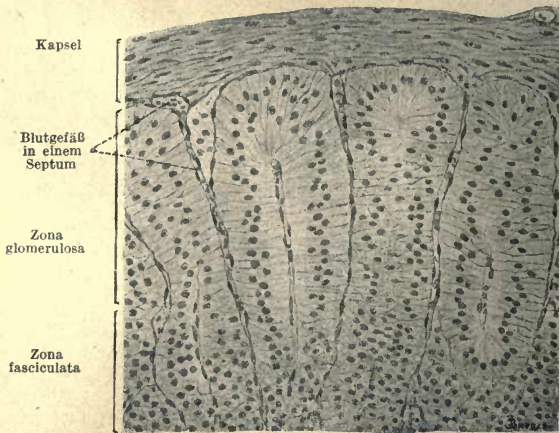


Fig. 147.

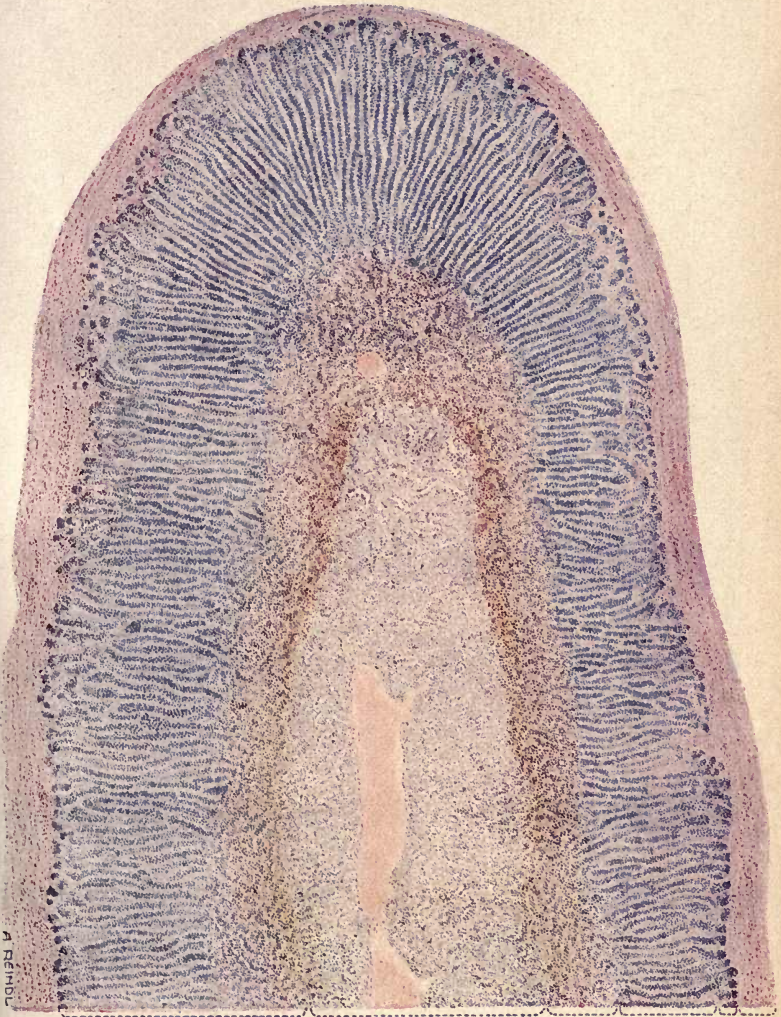
Aus der Rindensubstanz der Nebenniere des Hundes.

Ca. 240 mal vergrößert.

der Nebennierenrinde drei verschiedene Zonen unterscheiden: zunächst unter der Kapsel liegt die relativ schmale Zona glomerulosa, auf sie folgt nach innen die breite Zona fasciculata, die schließlich in die schmale Zona reticularis übergeht.

Die Zona glomerulosa ist nicht überall gleich entwickelt. Beim Menschen besteht sie aus rundlichen Zellballen (Fig. 146), die voneinander und von der nächsten Schicht durch Bindegewebe getrennt sind. Bei manchen Tiergattungen erscheint sie in Form von kurzen, flach zusammengepreßten Zellsäulen, die oft bogenförmig umbiegen und einerseits auf der Oberfläche ineinander, andererseits wieder in die Zellstränge der Fasciculata übergehen (Fig. 147). Manchmal erreichen diese Zellsäulen in der Glomerulosa eine starke





Rindensubstanz

Marks substanz

Z.  
ret.

Z.  
fasc.

Z. K.  
gl.

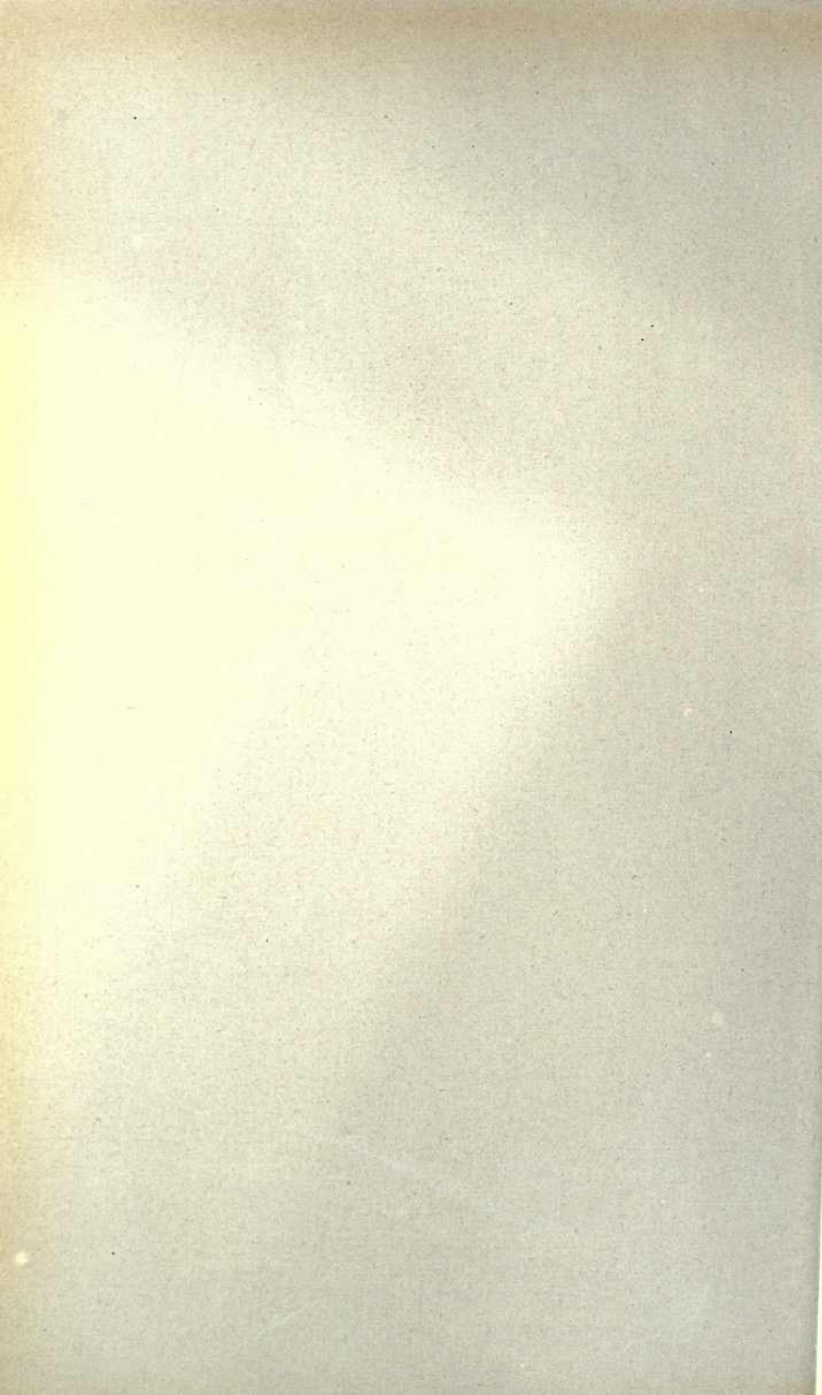
Fig. 146.

Teil eines Schnittes durch die menschliche Nebenniere.

K. = Bindegewebskapsel, Z. gl. = Zona glomerulosa, Z. fasc. = Zona fasciculata, Z. ret. = Zona reticularis.  
Ca. 30 mal vergrößert.

Verlag von Curt Kabitzsch, Leipzig.





Entwicklung und weisen Krümmungen und Windungen auf (*Zona arcuata*). Im Gegensatz dazu erscheint die *Glomerulosa* bei manchen Tiergattungen stark reduziert. In diesen Fällen können die dicht unter der Kapsel liegenden Zellen den Charakter der *Fasciculata*zellen annehmen. Die Zellballen und die Zellstränge der *Glomerulosa* bestehen aus polygonalen, unregelmäßig gestalteten oder aber aus regelmäßig zylindrischen, dicht nebeneinander gelegenen Zellen, die gewöhnlich etwas kleiner sind als die Zellen der nächstliegenden *Fasciculata* und einen großen Kern haben.

In der *Zona fasciculata* laufen die Zellstränge gerade, radiär, einer dicht neben dem anderen, voneinander durch Bindegewebe und Gefäße getrennt. Die Zellstränge bestehen oft aus einer, manchmal aber aus zwei bis vier Reihen von nebeneinander gelegenen, länglich polygonalen Zellen (Fig. 146, 147). Charakteristisch für diese Zellen ist ein spongiöses, netzmaschiges Protoplasma, das in seinen Maschen lipoiden Körnchen in weitaus größeren Mengen enthält, als die beiden anderen Schichten der Rindensubstanz. Die lipoiden Natur dieser Körnchen, die in größere Tröpfchen zusammenfließen können, erhellt aus ihrem Verhalten zu den Reagenzien.

In der *Zona reticularis* gehen die Epithelbalken in ein Netzwerk über, in dessen Maschen Blutkapillaren gelegen sind (Fig. 146, 148). Die Epithelzellen unterscheiden sich von den vorigen durch dichteres Protoplasma und feinere Körnchen. Dieselben besitzen zum Teil eine große Affinität zu gewissen Farbstoffen (*Corps sidérophiles*, Guieysse). Nach Da Costa zeigen manche Tiere während der Schwangerschaft dieses Verhalten und es soll sich dabei um eine Vorstufe des Sekrets handeln. Außerdem enthalten diese Zellen ein Pigment, dessen Menge im Laufe des Lebens beträchtlich zunimmt (Mulon).

Neben den lipoiden Körnchen erscheinen in der Nebennierenrinde kleinere Mitochondrien, mit denen nach Mulon die sog. siderophilen Körnchen identisch sein sollen. Die Mitochondrien, die lipoiden Körnchen und die Pigmentkörner sollen nach der Ansicht desselben Forschers in funktioneller Beziehung zueinander stehen.

Die Marksubstanz der Nebenniere ist im frischen Zustand braun und außerordentlich weich. Sie besteht aus Zellen, die zu netzförmig miteinander verbundenen Strängen oder zu Zellballen angeordnet sind (Fig. 146). In den Maschen des Netzes finden sich außerordentlich zahlreiche und weite Blutgefäße. Rings um diese Gefäße reihen sich oft die Markzellen wie um einen Drüsengang (Fig. 148). Die Markzellen sind unregelmäßig polyedrische oder mehr zylindrische, 20—30  $\mu$  große Zellen mit chromatinarmen Kernen und weitmaschigem Protoplasmanetzwerk. Im Protoplasma liegen feine Granula, welche folgendes charakteristische Verhalten zeigen:

sie besitzen eine starke Affinität zu basischen Farbstoffen, färben sich mit Ferrisalzen grün (Vulpian) und nehmen in Chromsalzlösungen einen intensiv rotbraunen Farbenton an (Henle). Wegen dieser letzteren Eigenschaft hat man sie als chromaffine (Kohn) oder phäochrome (Poll) Zellen bezeichnet. Chromaffine Zellen sind

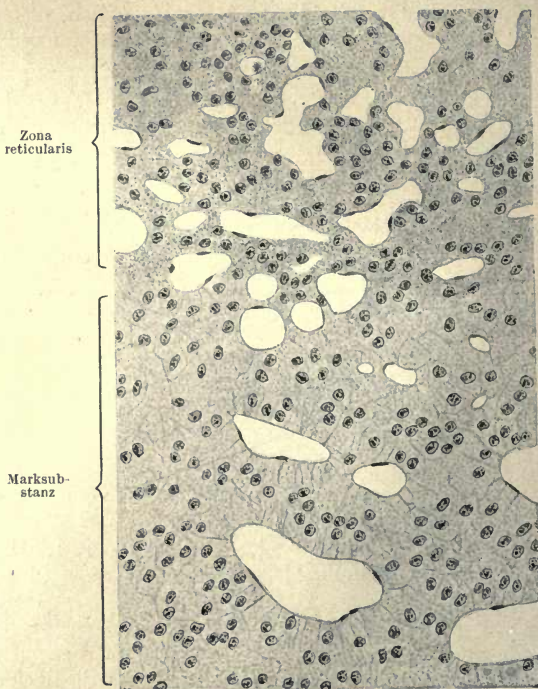


Fig. 148.

Baracz

Aus der Marksubstanz der Nebenniere des Hundes.

Ca. 385 mal vergrößert.

epitheloide Zellen, welche außer in der Nebenniere in dem ganzen System der längs des Sympathikus zerstreuten sog. Paraganglien auftreten. Zu solchen Paraganglien gehört außer der Marksubstanz der Nebenniere in erster Linie das Glomus caroticum. Die chromaffine Substanz bildet die Vorstufe der als Adrenalin bezeichneten, wirksamen Nebennierensubstanz (Mylon, Störk und v. Haberer). Wird die Zelle bis zu einem gewissen Grade mit dem Sekrete gesättigt, so diffundiert das letztere in flüssiger Form durch die Kapillarwand



in das Blut. Mit diesem Augenblicke verschwindet die Chromreaktion in dem Zellplasma und den Granulis, dagegen kann gleichzeitig die abgegebene Substanz durch ihre Gelbbraunfärbung in den Kapillaren nachgewiesen werden (Gottschau, Biedl, Störk, v. Haberer). Im Mark einzelner Tiere wurden Hohlräume nachgewiesen, von palisadenartig angeordneten Epithelzellen umgrenzt, welche neben Gerinnseln auch zerfallende Zellelemente enthalten und deren Lumen nicht von Endothel ausgekleidet ist (W. Kolmer).

Im Mark und in noch höherem Grade in der Rindensubstanz findet man hauptsächlich am Übergang der Fasciculata in die Glomerulosa oft Mitosen, die dafür sprechen, daß in der Nebenniere konstanterweise Zellen zugrunde gehen und durch Mitose ersetzt werden (Landau, Kolmer). Die intrazellulären Netzapparate sind in den Markzellen bedeutend stärker entwickelt als in den Zellen der Rindensubstanz (Pilat). Außer den chromaffinen Zellen enthält die Marksubstanz noch zahlreiche Nervenzellen und Gefäße.

Der Verlauf der Blutgefäße in der Nebenniere ist ein solcher, daß dem Blut ein zweifacher Weg offen steht. Die aus verschiedenen Quellen (Aorta, A. phrenica inferior, A. renalis) stammenden Arterien lösen sich entweder schon innerhalb der Zona glomerulosa in präkapillare Arterien oder Kapillaren auf, die nun die Zellstränge der Rinde umspinnen, innerhalb der Marksubstanz in sehr weite venöse Sinus übergehen und sich dann zur V. centralis sammeln. Oder die Arterien durchsetzen die ganze Rinde (Aa. perforantes) und lösen sich erst innerhalb der Marksubstanz in Kapillaren auf, die in die Sinus münden. Außerdem findet sich noch ein oberflächliches Kapillarnetz innerhalb der Kapsel, welches das Blut direkt in kleinere Kapselvenen leitet. Besonders weit sind die Sinus der Marksubstanz; sie bedingen eine starke Verlangsamung des Blutstroms. Alle Gefäße der Nebenniere zeichnen sich durch die außerordentliche Feinheit ihrer Wand und den engen Kontakt mit den Drüsenzellen aus (Srdínko).

Die Lymphgefäße bilden zahlreiche Kapillarnetze, welche innerhalb des bindegewebigen Gerüsts verlaufen. Sie stehen in naher Beziehung sowohl zu den Zellen der Rinden-, als auch zu denen der Marksubstanz, sie umflechten sogar öfters die Drüsenzellen (Stilling).

Die Nerven der Nebennieren stammen aus dem Ganglion coeliacum, dem Plexus phrenicus und renalis. Sie dringen in großer Zahl in das Organ ein und bilden einmal einen die Balken der Rindensubstanz umspinnenden Plexus und dann noch einen zweiten innerhalb der Marksubstanz. Innerhalb des letzteren finden sich außerdem zahlreiche Ganglienzellen vom sympathischen Typus. Die

aus dem Markplexus entspringenden Fasern bilden um jede chromaffine Zelle korbartige Geflechte und endigen mit plattenförmigen Verbreiterungen, welche dem Zellprotoplasma direkt aufgelagert sind (Dogiel, Fusari).

Die Nebennieren sind lebenswichtige Organe, ihre völlige Exstirpation führt immer unter großer Muskelschwäche und starkem Sinken des Blutdruckes rasch den Tod herbei (Brown - Séquard). Die Blutdruckerniedrigung nach der Exstirpation ist die Folge des Ausfalls einer von der Nebenniere gebildeten Substanz (Adrenalin), welche gefäßverengernd wirkt und den Gefäßtonus erhält (Oliver und Schäfer, Cybulski und Szymonowicz). Die in den Kreislauf eingeführten Extrakte der Nebennierenmarksubstanz, wie aller chromaffinen Organe, steigern den Blutdruck enorm. Die wirksame Substanz wird, wie auch experimentell bewiesen wurde, in das Blut der Nebennierenvene abgesondert (Cybulski) so, daß die V. suprarenalis den wahren Ausführungsgang der Marksubstanz der Nebenniere vertritt.

#### 4. Die Hypophyse.

Die Hypophyse, Hirnanhang, Hypophysis cerebri, besteht aus zwei, sowohl ihrem Bau, als auch ihrer Entwicklung nach verschiedenen Teilen. Der eine vordere, größere Teil ist drüsiger Beschaffenheit und nimmt seinen Ursprung aus dem Epithel der Mundbucht, die sich in der Richtung zur Hirnbasis ausstülpt (Rathkesche Tasche). Aus der vorderen und ventralen Wand dieses Hypophysensäckchens entwickelt sich der Vorderlappen, aus der hinteren Wand aber der sogenannte Mittellappen (Pars intermedia) der Hypophyse. Der hintere, nervöse Lappen ist kleiner und bildet eine Fortsetzung des Infundibulums des Zwischenhirns.

Der vordere Lappen ist zusammengesetzt aus soliden Follikeln und Zellsträngen von ungleichen Durchmesser, die miteinander anastomosierend ein Netz bilden. Zwischen ihnen liegen Septen von blutgefäßführendem Bindegewebe, welches nach der Ansicht mancher Forscher auf der Oberfläche der Follikel und Zellstränge eine Art von Membrana propria bildet. Die die Follikel und Stränge konstituierenden Zellen sind typische Drüsenelemente, unter denen zwei Zellformen unterschieden werden: die einen sind größer, ihr körniges Protoplasma zeigt den Farbstoffen gegenüber eine größere Affinität und enthält einen kleinen Kern (chromophile Zellen), die anderen sind kleiner, zeigen oft einen großen Kern und ein körnerfreies, schwer färbbares Protoplasma (chromophobe Zellen) (Flesch, Dostojewski, Lothringer) (Taf. XV, Fig. 149, 150, 151).

Innerhalb der chromophilen Zellen sind verschieden sich färbende Granulationen beschrieben und daraufhin die folgenden Zellarten



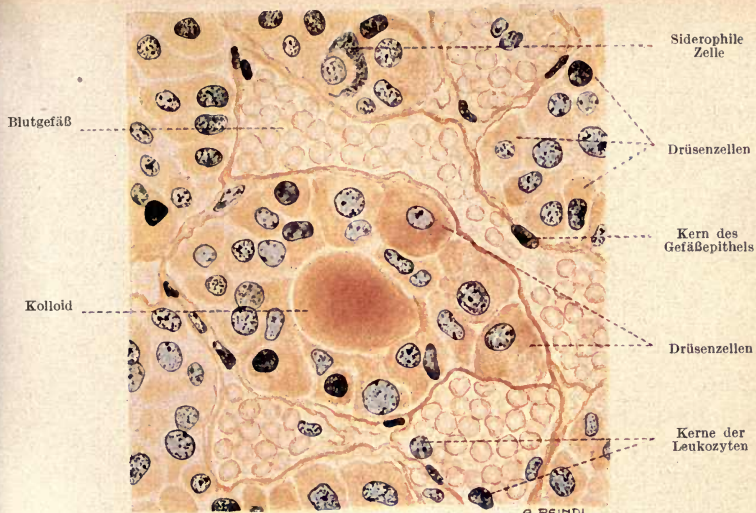


Fig. 149.

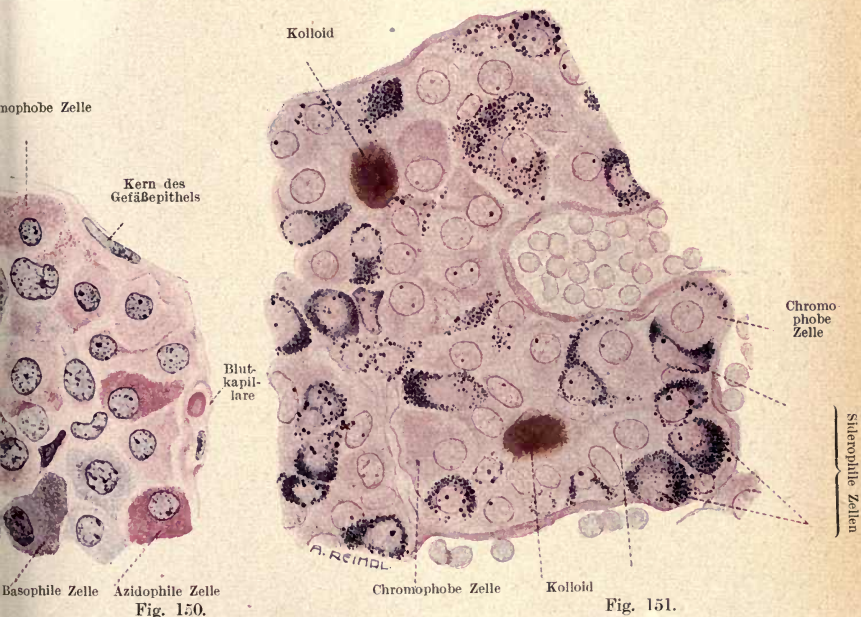


Fig. 151.

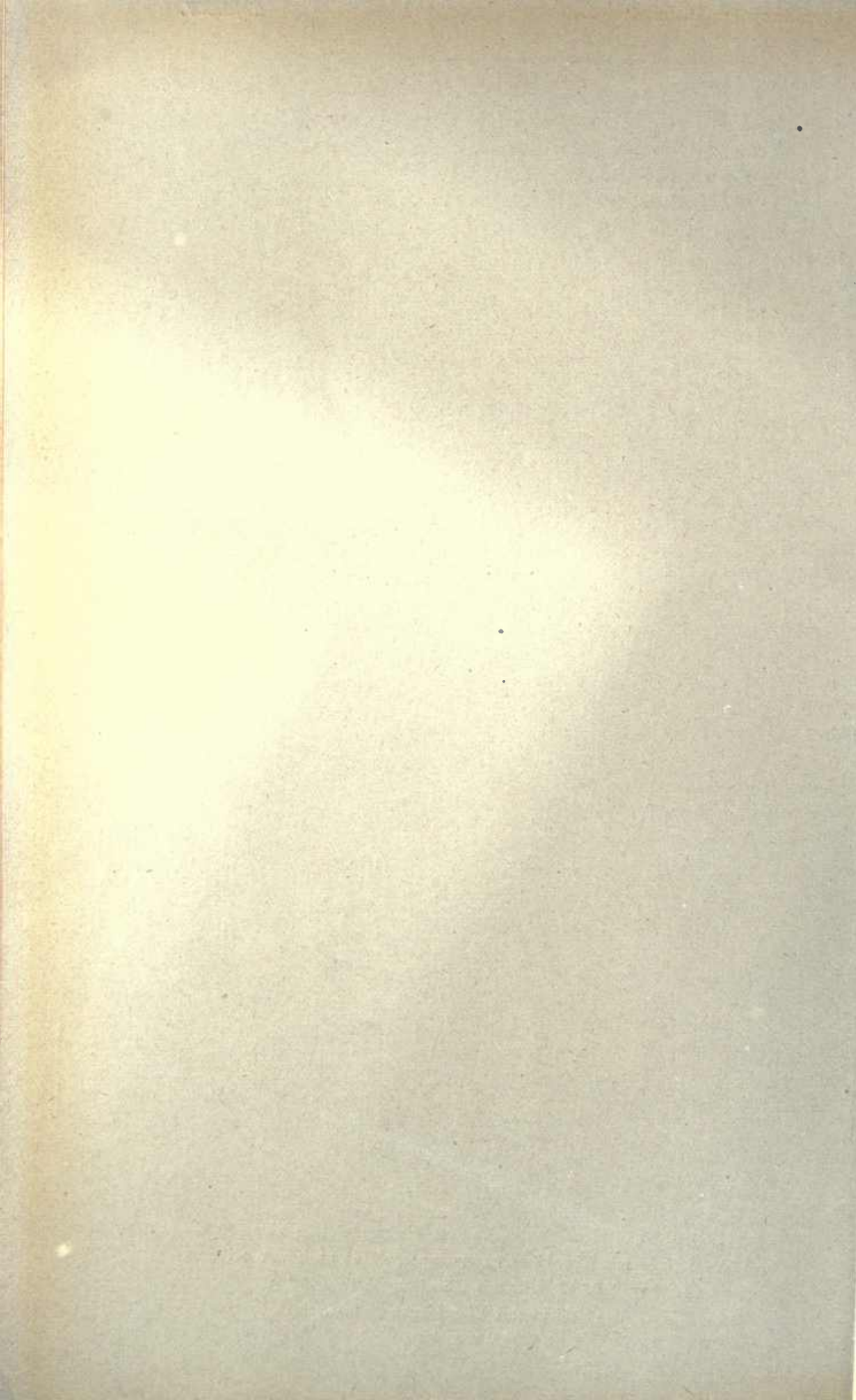
Fig. 149–151. Teil eines Schnittes durch die menschliche Hypophyse.  
Fig. 149. Gefärbt mit Eisenhämatoxylin, nachgefärbt nach van Gieson.

Fig. 150. Gefärbt mit Hämatoxylin-Eosin.

Fig. 151. Gefärbt mit Eisenhämatoxylin-Eosin.

Ca. 700 mal vergrößert.





unterschieden worden: basophile, zyanophile, azidophile, eosinophile, orangeophile, fuchsinophile und siderophile Zellen. Es erscheint aber richtiger, alle diese Zellarten in zwei Gruppen unterzubringen: azidophile und basophile, und dann innerhalb jeder dieser beiden Gruppen die sich stärker und schwächer färbenden (Trautmann) Zellen zu trennen.

Während die einen annehmen, daß alle diese Zellarten verschiedenen Sekretionsstadien derselben Zelle entsprechen (Benda, Creutzfeldt), da sich ja zwischen allen diesen Zellarten Übergangsformen erkennen lassen, meinen andere, daß man es in diesem Falle mit wenigstens zwei Zellarten zu tun habe. So trennt z. B. Trautmann die azidophilen Zellen von den basophilen als zwei differente Zellarten: während die sich intensiv basisch färbenden Zellen sich auf der Höhe der Füllung mit Sekretionsmaterial befinden, haben sich die chromophoben Zellen ihres Sekretionsproduktes entleert. In ähnlicher Weise lassen sich auch unter den azidophilen Zellen, wahrscheinlich in Zusammenhang mit den jeweiligen Funktionszuständen, stark und schwach färbbare Zellen unterscheiden.

Unklar ist dagegen, was eigentlich das Produkt der Sekretions-tätigkeit dieser Zellen ausmacht. Als eines der Sekretionsprodukte können die Fettkörnchen angesehen werden, denen man in den Hypophysenzellen begegnet (Erdheim, Thaon). Die chromophilen Zellen enthalten wenige, große, die chromophoben dagegen zahlreiche aber kleine Fettkörnchen.

Den zweiten Sekretbestandteil sollen die Granula der Hypophysenzellen darstellen, die einer Aufquellung unterliegen und aus den Zellen heraustreten (Fig. 151). Nach Benda entsprechen die kleinen, körnchenarmen chromophoben Zellen der Jugendform, die chromophilen dagegen, und zwar die azidophilen Zellen dem Höhepunkt der Sekretion.

Als dritter Bestandteil könnte bezeichnet werden eine dem Kolloid der Schilddrüse ganz ähnliche Substanz (Fig. 149, 150), die vor allem in den hinteren Partien des Vorderlappens innerhalb der Zellstränge und Follikel angetroffen wird.

Von manchen Forschern wird bestritten, daß das Kolloid ein Produkt der normalen Tätigkeit des Organs ist; es soll nach ihnen ein Degenerationsprodukt der zentralen Zellen der Balken und der Follikel darstellen (Joris, Soyer), andere sind der Meinung, das Kolloid entstamme den beschriebenen Zellkörnern. Die Sekretion des Kolloids soll sich hier in analoger Weise wie in der Schilddrüse abspielen. Die Körnchen der chromophilen Zellen quellen auf und es bildet sich ein flüssiges Produkt, welches durch die Membrana propria in die interfollikulären Lymphräume diffundieren soll oder es soll durch Degeneration und Schwund einer Randzelle und durch

lokale Zerstörung der Membrana propria zu einer freien Kommunikation der Follikelhöhlen mit den interfollikulären Lymphwegen kommen (Thom).

Edinger hat durch Injektionen nachgewiesen, daß die Drüsenzellen der menschlichen Hypophyse von perizellulären Sekreträumen umgeben sind, welche andererseits wieder an die Blutkapillaren grenzen. Diese perivaskulären Spalten (Lymphräume) begleiten in Form von Scheiden die kleinen Blutgefäße und dringen durch den Hypophysenstiel in die Hirnsubstanz ein. Daß dies der natürliche Abflußweg des Hypophysensekrets ist, wird durch Untersuchungen Herrings, Cushings und Biedls gestützt, von denen hyaline Körper im Gewebe der Pars nervosa und des Hypophysenstiels gefunden wurden. Nach der Ansicht dieser Forscher ist in diesen hyalinen Körpern (Kolloid) die wirksame Substanz der Hypophyse zu erblicken.

Die oben erwähnten kolloidführenden Follikel werden im allgemeinen im Vorderlappen nicht häufig angetroffen, am häufigsten noch bei älteren Individuen (Scaffidi).

Als derjenige Abschnitt, welcher zahlreiche und bedeutend stärker entwickelte, von der Kolloidsubstanz erfüllte Follikel enthält, muß der sogenannte Mittellappen (Pars intermedia) bezeichnet werden, der, wie oben gesagt, zwischen dem Hirnteil und dem Hauptlappen eingeschoben liegt. Bei gewissen Tiergruppen erreicht er eine bedeutende Ausbildung und wird beim Menschen durch eine Reihe von großen mit Kolloid erfüllten und mit flachen Epithelzellen ausgekleideten Hohlräumen (Zysten) ersetzt, die durch schmale Drüsenzellstreifen voneinander gesondert sind.

Der Hinterlappen der Hypophyse (Pars nervosa) besteht, wie neuere Untersuchungen festgestellt haben, aus einem bindegewebigen Stroma, in welchem Neurogliafasern und Gliazellen hervortreten. Gegenwärtig wird fast allgemein das Vorhandensein von Nervenzellen in ihnen bestritten. Dagegen verlaufen hier zahlreiche Nervenfasern, die in der Hirnbasis entspringen und dem vorderen Lappen zustreben (Joris). Im Hinterlappen tritt gewöhnlich ein bräungelbes Pigment auf, das aber keineswegs ausschließlich diesem Lappen eigen ist.

Sowohl follikelähnliche, mit Kolloid ausgefüllte Bildungen, als auch ganze Züge verzweigter Epithelstränge, die im Hinterlappen der Hypophyse gefunden werden, sind Abkömmlinge der intermediären Grenzzone (Biedl, Tölken).

Die Blutgefäßversorgung der Hypophyse erfolgt durch Arterienäste des Circulus arteriosus Willisii. Die innerhalb des Vorderlappens ein reiches Netz bildenden Kapillargefäße zeigen von Stelle



zu Stelle sinusartige Erweiterungen (Fig. 149). Die engen Beziehungen der Blutgefäße zu den Drüsenelementen haben selbstverständlich eine große Bedeutung einerseits für die Zufuhr der in der Hypophyse umzusetzenden Stoffe, andererseits wieder für den Abfluß des Drüsensekrets in die Blutbahn.

Die Hypophyse ist ein lebenswichtiges Organ, dessen Vorderlappen und Mittellappen eine innersekretorische Funktion erfüllen und in chemisch vermittelter Korrelation mit anderen innersekretorischen Organen stehen. Der Vorderlappen hat einen Einfluß auf die Wachstumsvorgänge, speziell auf das Knochenwachstum, der Mittellappen beeinflusst hauptsächlich die Stoffwechselvorgänge.

### 5. Die Epiphyse.

Die zwischen dem vorderen Vierhügelpaar liegende Epiphyse (Zirbeldrüse, *Glandula pinealis*) zeigt einen Bau, der auf sekretorische Tätigkeit schließen läßt (Taf. XVI, Fig. 152).

Das Bindegewebe trennt die Drüse in ungleich große Läppchen, die überwiegend von unregelmäßig angeordneten Zellen ausgefüllt sind. Vor allem treten zwei Zellarten in den Bestand des Parenchyms dieser Läppchen: die Neurogliazellen (siehe Nervengewebe) und die, erstere an Zahl übertreffenden, eigentlichen Drüsenzellen (pineale Zellen). Die Neurogliazellen stehen in nahen Beziehungen zu den Neurogliafasern und haben Kerne, welche reich sind an kompaktem Chromatin. Von den Drüsenzellen sind verschiedene Arten unterschieden worden, je nach den in ihnen enthaltenen Granulationen (eosinophile und basophile) und nach dem Verhalten des Chromatins in den Zellkernen (Dimitrowa). Polvani unterscheidet im Drüsenparenchym der Epiphyse vier Zellarten: 1. Pineale Hauptzellen — große ovale Zellen mit kleinen Fortsätzen, homogenem Protoplasma ohne Granulationen und mit großem Kern, innerhalb dessen der Sekretionsvorgang in erster Linie vor sich geht. 2. Azidophile Pinealzellen — kleinere Zellen mit sehr feinkörnigen azidophilen Granulationen, die von Galalescu und Urechia beschrieben wurden. 3. Basophile Pinealzellen — kleine Zellen mit ziemlich großen basophilen Granulationen, von Constantini beschrieben. 4. Pineale Zellen mit lipoiden Granulationen. Diese Granulationen sind groß, unregelmäßig und werden durch fettfärbende Farbstoffe gefärbt. Letztere Zellen sind zuerst von Krabbe beschrieben worden, der ihnen die Fähigkeit der Reinigung des Organismus von gewissen Spaltungsprodukten zusprach. Als ein Zeichen für das Vorhandensein eines Sekretionsprozesses in den Drüsenzellen der Epiphyse schilderte zuerst Dimitrowa das Erscheinen von Vakuolen im Kerninneren und ihr Austreten nach außen. Krabbe faßt diese Vakuolen

als normales Produkt der Drüsensekretion auf und gibt an, daß sie gewöhnlich basophil sich färbende Granulationen enthalten, in das Protoplasma austreten, platzen und die Körnchen an das Protoplasma abgeben, von wo sie, wie Krabbe annimmt, durch Interzellularspalten weiter ins Blut, die Lymphe oder in die Zerebrospinalflüssigkeit gelangen. Polvani läßt diesen Vorgang sich beständig in den pinealen Hauptzellen abspielen.

Als Abfuhrwege der Sekretionsprodukte gibt Illing die Blutkapillaren an, in denen er kolloidähnliche Massen auffand, Löwy dagegen beschreibt perizelluläre Räume, von welchen Ausführungsgänge im Bindegewebe bis zur Epithelschicht des Plexus chorioideus führen.

Das Hauptwachstum der Zirbeldrüse fällt beim Menschen in die ersten Lebensjahre, so, daß sie um das 7. Jahr auf der Höhe ihrer Entwicklung steht. Zu dieser Zeit lassen sich auch die ersten Anzeichen einer Involution auf Kosten des Drüsengewebes wahrnehmen. Als solche müssen die deutliche Zunahme des Bindegewebes und Gliagewebes sowie das Auftreten von Konkretionen angesehen werden. Infolge der Zunahme des Gliagewebes kommt es gewöhnlich zur Bildung ganzer Gliaplaques (Fig. 152), in denen nachträglich infolge Einschmelzung Zysten entstehen (Marburg). Im Innern derselben findet sich neben einzelnen Gliafasern und Kernen ein fädiges oder körniges Gerinnsel. In den Septen und im Innern der Drüsenläppchen kommt es zu degenerativen Umwandlungen (hyaline Umwandlung), zur Ablagerung von kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk und Magnesia, sowie zur Entstehung von Hirnsand, Acervulus, Corpora arenacea, in Form von konzentrisch gebauten, oft maulbeerförmigen Konkrementen (Fig. 152).

Der zur Involution führende Degenerationsprozeß kennzeichnet sich nach Marburg durch das Auftreten von Vakuolen im Kerninnern, welche von Dimitrowa, Krabbe und Polvani als normale Zeichen der Drüsenfunktion betrachtet werden. Krabbe hält überdies das Auftreten gewisser Formen körniger Zellen für Zeichen der Involution.

Ein gewisser Teil der Drüsenzellen bleibt jedoch noch bis in das späteste Alter hinein anscheinend intakt, so daß sie höchstwahrscheinlich die Drüsenfunktion weiterhin ausüben können (Marburg). Krabbe behauptet sogar, daß die Involutionsvorgänge vom 14. Lebensjahre ab nicht mehr weiter fortschreiten.

In die Epiphyse gelangen Züge markloser und markhaltiger Nervenfasern.

Die Zirbeldrüse ist ein innersekretorisches Organ, welches einen wichtigen Einfluß auf den Stoffwechsel ausübt. Dies wird durch die



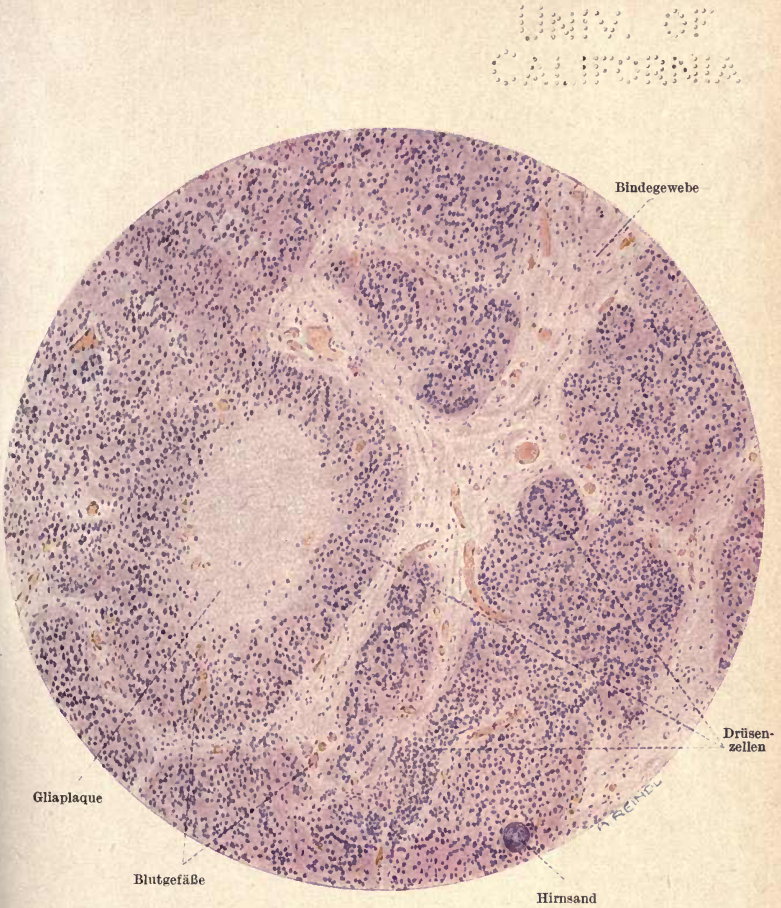


Fig. 152.

Teil eines Schnittes durch die menschliche Epiphyse.

Ca. 90 mal vergrößert.



TO VNU  
ALBONIAO

Folgen der beschränkten Funktion oder der Entfernung der Epiphyse in der frühen Kindheit bewiesen, die sich in einer körperlichen Frühreife (abnormes Längenwachstum, prämaturnale Genital- und Sexualentwicklung) zeigen und oft eine ungewöhnlich frühzeitige geistige Entwicklung hervorrufen.

## II. Das Verdauungssystem.

Das Verdauungsrohr ist seiner ganzen Länge nach, von der Mundspalte bis zur Afteröffnung, innen mit einer Schleimhaut — *Membrana mucosa* — ausgekleidet. Man versteht darunter eine weiche, aus Epithel und Bindegewebe bestehende Haut, welche durch das Sekret der in ihr oder unter ihr zerstreut liegenden Drüsen feucht erhalten wird.

Die Schleimhaut des Verdauungsrohres hat die Absonderung der Verdauungssäfte und die Resorption zu besorgen. Um ihre resorbierende Oberfläche zu vergrößern, legt sich die Schleimhaut in Falten oder bildet Erhebungen in Form von Papillen und Zotten; zur Vergrößerung der sezernierenden Oberfläche dagegen stülpt sie sich in Form von Tubuli oder Alveolen ein, wobei Drüsen erzeugt werden, deren verschiedene Arten im allgemeinen Teile ihre Beschreibung gefunden haben.

Die oberflächliche Schicht der Schleimhaut stellt ein in den verschiedenen Abschnitten des Verdauungskanals verschiedenartig gebautes Epithel dar, das einer tiefer gelegenen Bindegewebsschicht, der *Lamina propria* s. *Stratum proprium* aufliegt. Unmittelbar darunter finden wir eine ebenfalls bindegewebige, doch mehr lockere Schicht, die *Lamina submucosa* s. *Stratum submucosum*. Sie enthält oft Drüsen und verbindet die Schleimhaut mit den tiefer liegenden Partien, und zwar gewöhnlich mit der Muskelhaut, *Lamina muscularis*, welche letztere durch ihre Kontraktionen die Fortbeförderung der Speisen, bzw. des Magen- und Darminhaltes innerhalb des Verdauungskanals besorgt. Die Muskelhaut des Verdauungsrohres besteht fast ausschließlich aus glatten Muskelzellen, den oberen und unteren Abschnitt ausgenommen, in denen quergestreifte Muskeln auftreten. An der Grenze zwischen der Submukosa und der Mukosa erscheint in der Regel eine dünne Lage glatter Muskelzellen, die *Lamina muscularis mucosae*. Schließlich wird der innerhalb der Bauchhöhle gelegene Teil des Verdauungsrohres nach außen hin von einer serösen Haut, *Tunica serosa*, Bauchfell genannt, überzogen.

Die einzelnen Teile des Verdauungskanals mit Einschluß der in

sie einmündenden Drüsen wollen wir nun in nachstehender Reihenfolge besprechen:

1. Die Mundhöhle.
2. Die Schlundhöhle.
3. Die Speiseröhre.
4. Der Magen.
5. Der Darm.
6. Die Leber.
7. Die Bauchspeicheldrüse.

## 1. Die Mundhöhle.

### a) Die Schleimhaut der Mundhöhle.

Die Schleimhaut der Mundhöhle geht am roten Lippenrand in die Haut der Lippen über (Taf. XVII, Fig. 153).

Das Epithel der Mundhöhle ist ein geschichtetes Plattenepithel, welches beim Menschen der Verhornung nicht unterliegt und auch in den oberflächlichen Zellagen kernhaltig ist; deshalb fehlen ihm auch die Schichten, welche an der verhornten Epidermis als Stratum granulosum und Stratum lucidum unterschieden werden.

Die Lamina propria besteht aus sich kreuzenden Bündeln von Bindegewebsfasern, denen ziemlich zahlreiche elastische Fasern beigemengt sind. An ihrer Oberfläche erzeugt sie zapfenförmige Erhebungen, sog. Papillen, von denen die höchsten (bis 0,5 mm Höhe) am roten Lippenrande und am Zahnfleisch auftreten. Am roten Lippenrande finden sich Talgdrüsen.

Die aus lockerem Bindegewebe bestehende Lamina submucosa weist nur spärlich elastische Fasern auf. Nur ausnahmsweise ist die Submukosa derber und weniger nachgiebig, so namentlich am harten Gaumen und am Zahnfleisch. Sie ist der Sitz sehr zahlreicher Drüsen (Glandulae labiales, buccales, linguales, palatinae), deren Ausführungsgänge die Schleimhaut durchbohren und in die Mundhöhle einmünden. Ihr feinerer Bau soll später im Anschluß an die großen Mundhöhlendrüsen seine Besprechung finden.

Die Blutgefäße bilden zwei zur Oberfläche mehr oder weniger parallel verlaufende Netze. Die Arterien liefern zunächst innerhalb der Submukosa den unteren, weitmaschigen Plexus; aus ihm zweigen feine Ästchen ab und gehen innerhalb der Lamina propria in den oberen, feineren Plexus über. Aus letzterem laufen sehr feine Ästchen zu den Papillen und zerfallen hier in ein Kapillarnetz. Die aus dem letzteren hervorgehenden Venen folgen dem Verlauf der Arterien.

Die Lymphgefäße bilden ähnliche Netze wie die Blutgefäße und sammeln sich zu einzelnen Stämmchen, welche in die Lympho-



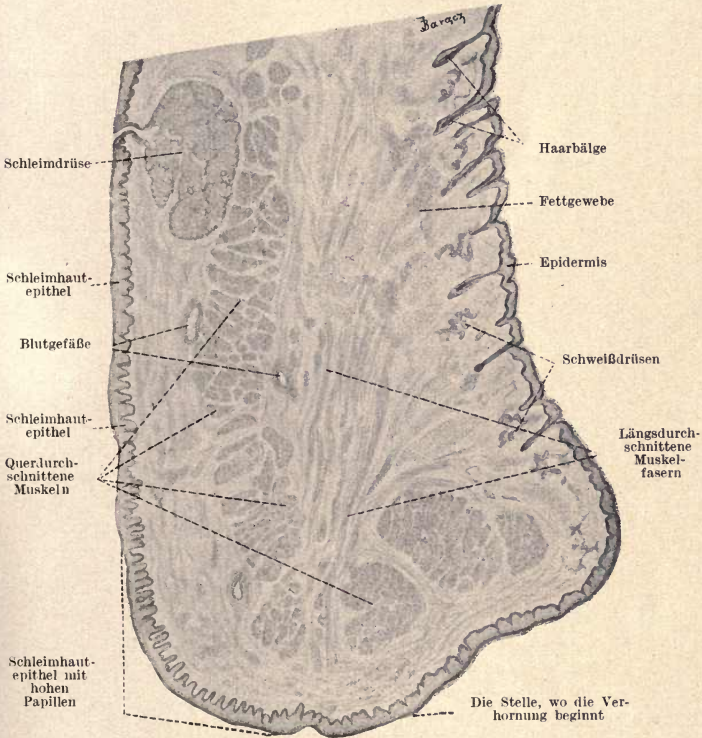
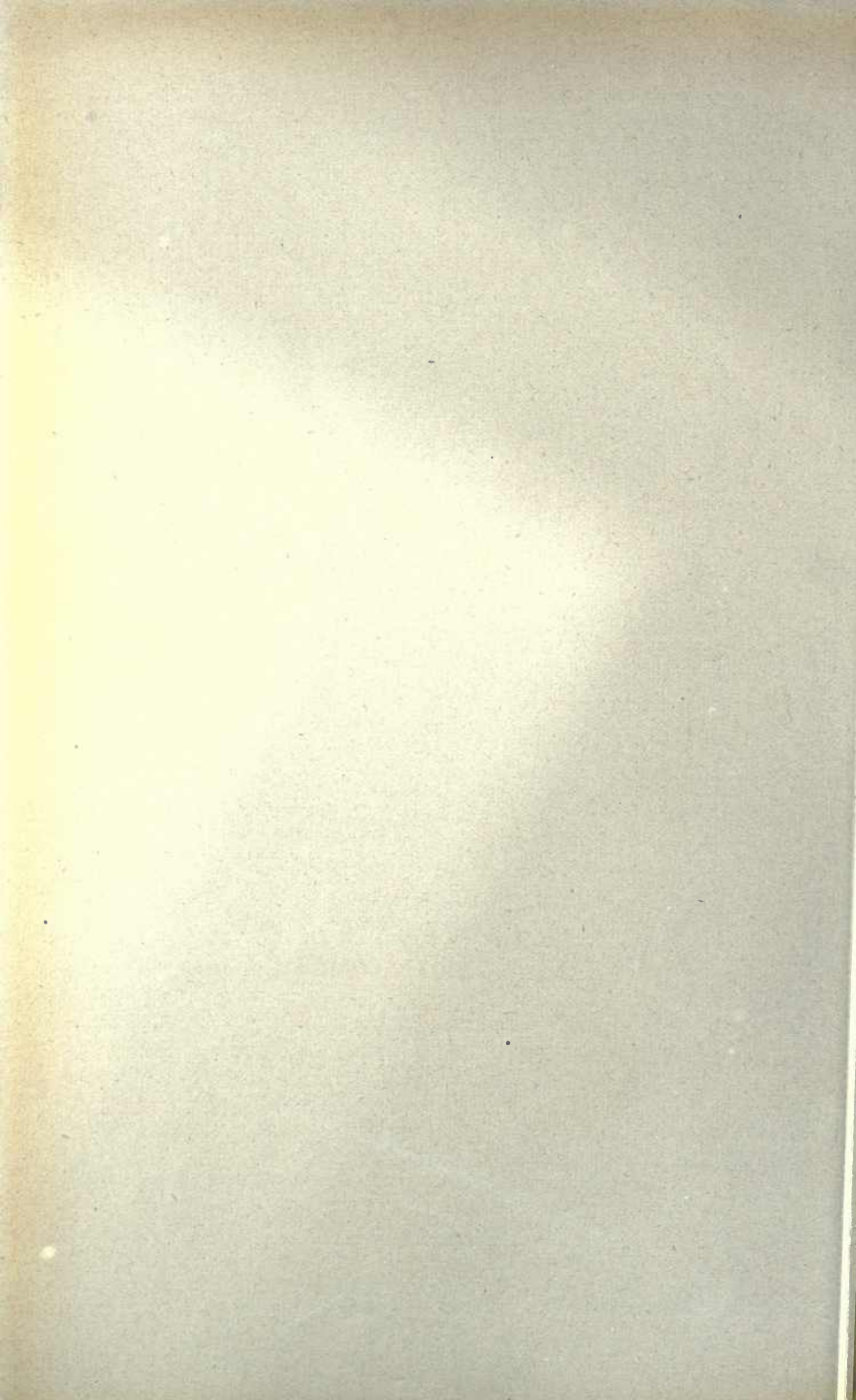


Fig. 153.  
Schnitt durch die Oberlippe eines 2½ Jahre alten Kindes.  
Ca. 14 mal vergrößert.



glandulae submaxillares, submentales, linguales, parotideae, cervicales superficiales und profundae einmünden.

Die Nerven — es sind Äste des N. trigeminus und des Ganglion sphenopalatinum — endigen teils in der Lamina propria in Form von Endkolben, Nervenknäueln und baumförmigen Verzweigungen, teils im Epithel als freie intraepitheliale Nervenendigungen oder in Form von Tastscheiben mit Merkelschen Tastzellen (Botezat, Ceche-relli, Jurjew).a).

#### b) Die Zähne.

Die Zähne des Menschen stellen Hartgebilde dar, deren unterer Teil in der Alveole des Kiefers steckt und Zahnwurzel heißt, deren oberer Abschnitt dagegen frei nach außen hervorragt und Zahnkrone genannt wird. Beide Teile vereinigen sich in dem vom Zahnfleisch bedeckten Zahnhals.

Die Zähne bestehen aus drei verschiedenen Hartsubstanzen: 1. dem Schmelz, 2. dem Zahnbein und 3. dem Zement (Fig. 154). Das Zahnbein umgibt die im Inneren des Zahnes liegende Höhle, die sogenannte Pulpahöhle. Dieselbe durchsetzt als Wurzelkanal die Zahnwurzel und öffnet sich an der Wurzelspitze in dem Foramen apicis dentis. Das Zahnbein liegt nirgends an der Oberfläche des Zahnes frei, denn in der Region der Krone ist es nach außen hin vom Schmelz, im Hals und in der Wurzel aber vom Zement überzogen. In der Halsgegend überzieht das Zement meist noch einen schmalen Schmelzsaum.

Die Zahnpulpa zeigt ein feinfaseriges, zellenreiches Bindegewebe und ist ausgezeichnet durch ihren Reichtum an Blutgefäßen und Nerven, die von unten her durch den Wurzelkanal eintreten. Sie steht in kontinuierlicher Verbindung mit dem Periost der Alveole. An der Oberfläche wird die Pulpa von großen, zylindrischen Zellen, den Odontoblasten oder Dentinzellen, bedeckt, welche in einer einfachen Schicht nebeneinander gelagert sind (Fig. 155). Die untere Hälfte der Zellen enthält Kerne. Vom peripheren, dem Zahnbein anliegenden, abgestumpften Ende entsenden die Odontoblasten je einen, seltener mehrere feine Fortsätze in das Zahnbein hinein, die sogenannten Zahnbeinfasern. Überdies gehen von den Odontoblasten in der Richtung zur Pulpa Ausläufer aus, die sich mit den Elementen der Pulpa verflechten.

Das Dentin, Zahnbein, Elfenbein, Substantia eburnea, macht die Hauptmasse des Zahnes aus und umgibt die Pulpa von allen Seiten her. Es ist eine Art von Knochengewebe, das sich aber von dem gewöhnlichen Knochengewebe dadurch unterscheidet, daß seine Zellen, d. h. die Dentinzellen, nicht in Höhlen der Grundsubstanz,



sondern außerhalb derselben liegen. Die Zellkörper der Odontoblasten haben nämlich, wie oben beschrieben, ihren Platz auf der Oberfläche der Pulpa, und zwar dicht am Dentin, doch enthält dieses

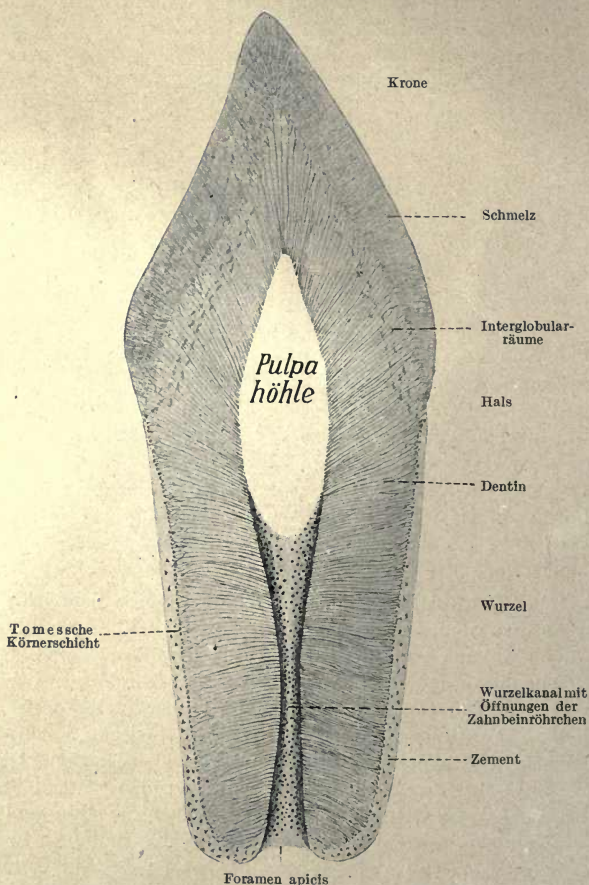


Fig. 154.

Längsschliff durch einen menschlichen Schneidezahn.

Ca. 6 mal vergrößert.

selbst bloß Fortsätze obiger Zellen, die sogenannten Zahnbeinfasern, welche in Kanälchen der Grundsubstanz, die Dentinkanälchen, zu liegen kommen.

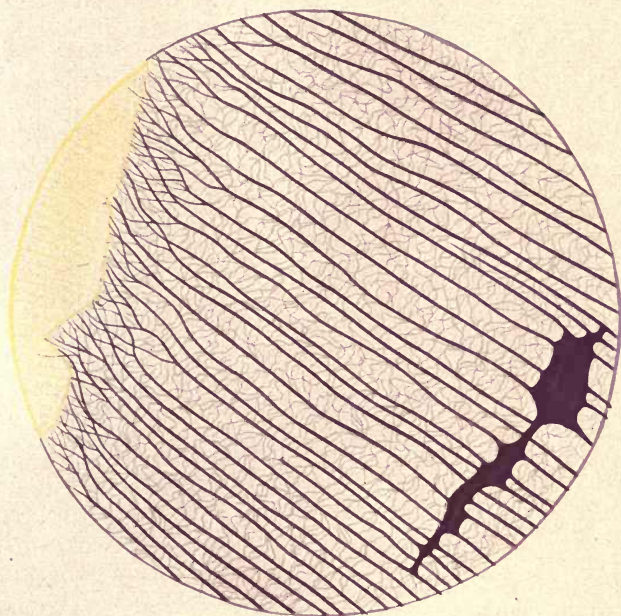


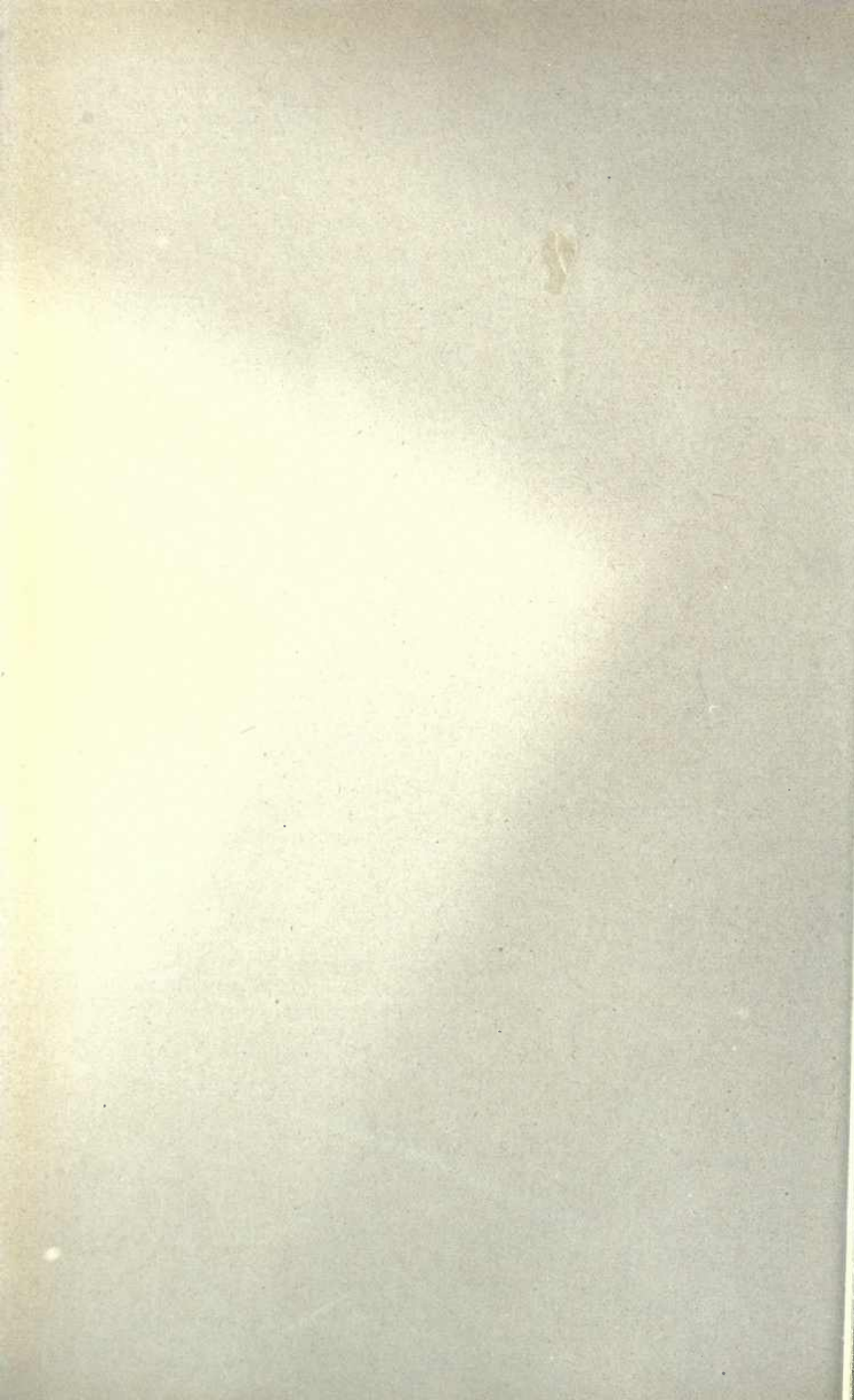
Fig. 157.

Aus einem Längsschliffe durch den Seitenteil der Krone eines menschlichen Eckzahnnes.

Die mit Farbstoff gefüllten Zahnkanälchen teilweise zwischen die Schmelzprismen eindringend.

Interglobularraum mit violetterm Farbstoff gefüllt, ist durch Zahnbeinkugeln begrenzt.

Ca. 330 mal vergrößert.





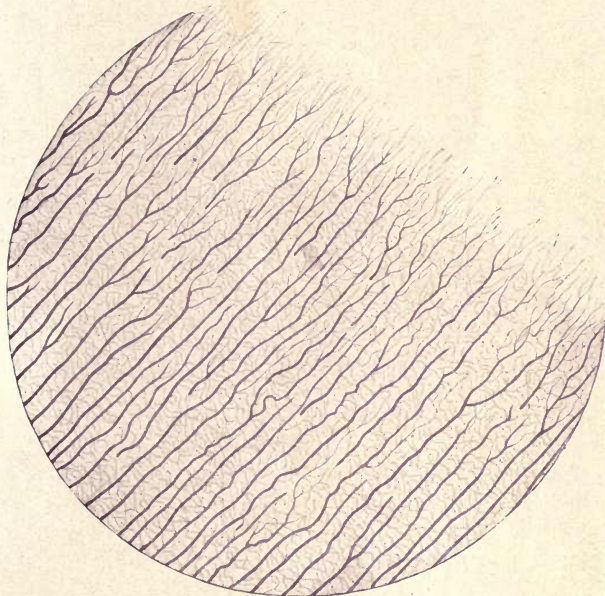


Fig. 158.

Aus einem Querschliffe durch den Hals eines menschlichen Backzahnes.

Die Zahnkanälchen zeigen Teilungen und zahlreiche Verbindungen untereinander. Alle Zahnkanälchen sind mit Farbstoff imprägniert. Ca. 330 mal vergrößert.



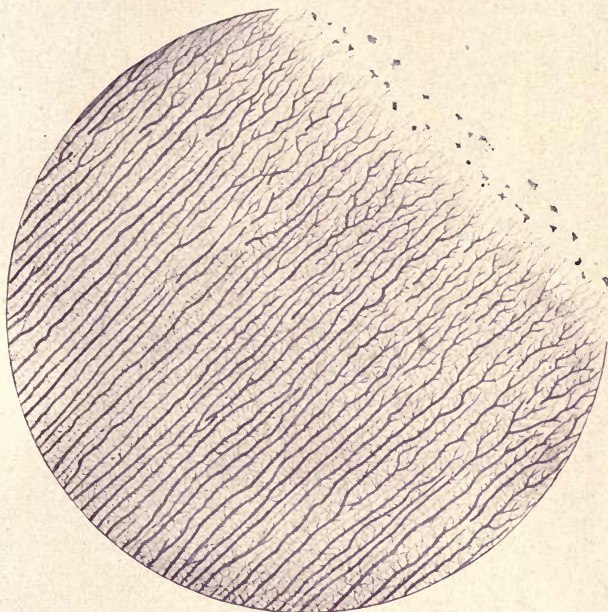


Fig. 159.

Aus einem Querschliffe durch die Wurzel eines menschlichen Backzahnnes.

Die mit violettem Farbstoff gefüllten Zahnkanälchen zeigen zahlreiche Theilungen. Es sind auch kleine Interglobularräume der Körnerschicht zu sehen. Ca. 330mal vergrößert.





Die Dentinkanälchen, Zahnbeinröhrchen, beginnen an der inneren, der Pulpahöhle zugewendeten Oberfläche des Zahnbeines mit feinen Öffnungen (Fig. 154) und durchziehen das Zahnbein radiär gegen seine äußere Oberfläche in leicht S-förmiger Krümmung und schwach geschlängelterm Verlauf. Anfangs  $2,5\text{--}5\ \mu$  dick, werden sie infolge fortgesetzter Verzweigung immer dünner, so daß sie an der äußeren Oberfläche des Zahnbeins nur noch  $0,6\ \mu$  dick sind. Nicht nur unmittelbar benachbarte Kanälchen sind mittelst vieler Seitenästen miteinander verbunden, sondern es ist dies auch, wie der Querschliff der Kanälchen in Fig. 156 zeigt, bei weiter voneinander

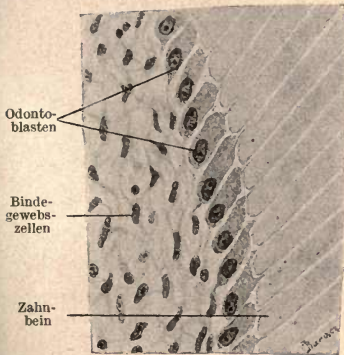


Fig. 155.

Aus einem Längsschnitte der Krone eines Milchzahnes vom Neugeborenen.

Es ist die Grenze von Pulpa und Zahnbein zu sehen.

Ca. 500 mal vergrößert.

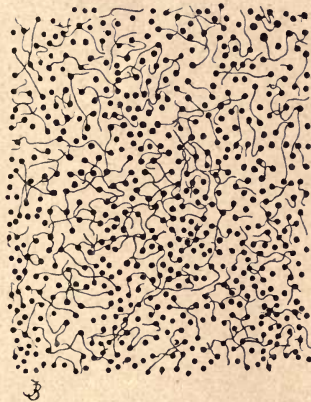


Fig. 156.

Aus einem Schliffe durch die nahe der Pulpa liegende Partie des Zahnbeins eines menschlichen Eckzahnes, welcher mit Farbstoff imprägniert war.

Die Zahnkanälchen sind querschliffen, die Seitenäste verbinden die letzteren. Ca. 400 mal vergrößert.

entfernten Kanälchen der Fall. Das Verhalten der Kanälchen ist für die verschiedenen Zahnpartien charakteristisch. In den tieferen, der Pulpa näher gerückten Partien des Dentins sind die Seitenzweige spärlicher und gehen rechtwinklig vom Stamme ab, dagegen nehmen sie in den oberflächlichen Dentinschichten immer mehr an Zahl zu und gehen unter spitzem Winkel ab (Fig. 157).

In der Krone verlaufen die Kanälchen mehr geradlinig und teilen sich nur selten in Kanälchen von gleichem Kaliber. Im Zahnhals dagegen verlaufen die Kanälchen mehr wellig. In der Wurzel endlich zeigt ihr Verlauf mehr eine gebrochene Linie, und wir finden zahlreiche Teilungen in gleichkalibrige Äste (Szymonowicz, Fig. 157, 158, 159).

Auch die Endverzweigung der Kanälchen ist in den verschiedenen Teilen des Zahnes verschieden. Im Kronendentin spalten sich die Kanälchen dicht an der Schmelzgrenze fingerförmig in mehrere Äste, von denen einzelne die Schmelzgrenze überschreiten, innerhalb der die Schmelzprismen verbindenden Kittsubstanz noch eine kurze Strecke weit vordringen und dann manchmal mit einer kleinen keulenförmigen Erweiterung endigen. Im Hals- und Wurzelteil endigen sie blind an der Zementgrenze oder in der später zu erwähnenden Tomeschen Körnerschicht (Fig. 160). In selteneren Fällen können auch

die Enden benachbarter Kanälchen schlingenförmig ineinander übergehen.

Die Grundsubstanz des Zahnbeines besteht aus feinen kollagenen Fibrillen, die von außen nach innen schichtenweise angeordnet sind. Die Schichten haben eine zur Zahnbeinoberfläche mehr weniger parallele Lage, kreuzen deshalb die Zahnbeinröhrchen mehr oder weniger rechtwinklig. Innerhalb der einzelnen Schichten kreuzen sich die Fibrillen vielfach; sie liegen in einer homogenen, verkalkten Kittsubstanz.

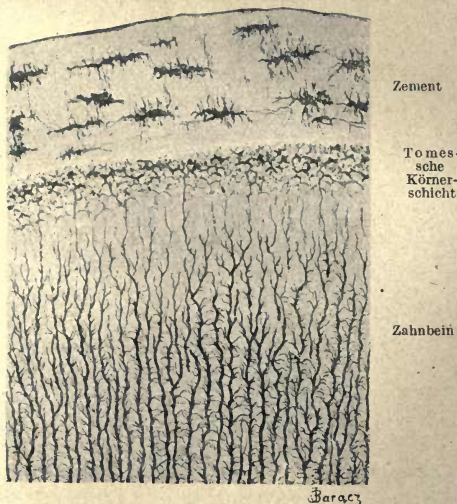


Fig. 160.

Stück eines Querschliffes durch einen Schneidezahn des Menschen in der Nähe der Wurzel.


Ca. 360 mal vergrößert.

Um die Dentinkanälchen herum ist die Grundsubstanz härter und widerstandsfähiger und bildet die sogenannten Neumannschen Scheiden, die man durch geeignete Präparationsmethoden isoliert darstellen kann. Die Wände der Röhrchen gehen an der Innenfläche des Zahnbeines in ein gleich widerstandsfähiges Häutchen (Köl liker) über, welches sie bedeckt.

Innerhalb des Kronendentins findet sich dicht unter der Schmelzgrenze eine Schicht großer, zackiger Lücken, welche von der verkalkten Grundsubstanz in Form kugelig hervorragen (Zahnbeinkugeln, Fig. 157) begrenzt werden. Diese Interglobularräume stellen wahrscheinlich unverkalkte Partien der Grundsubstanz



dar, Residuen einer ungleichmäßigen und unvollständigen Verkalkung des Zahnbeins. Die Zahnbeinröhrchen durchziehen diese Räume ohne Unterbrechung. Eine Lage sehr kleiner Interglobularräume finden wir dicht unter der Zementgrenze des Wurzelodontins (Fig. 160). Sie führt den Namen der Tomesschen Körnerschicht.

 Der Schmelz, das Email, Substantia vitrea s. adamantina, überzieht die Krone des Zahnes und ist das härteste aller tieri-

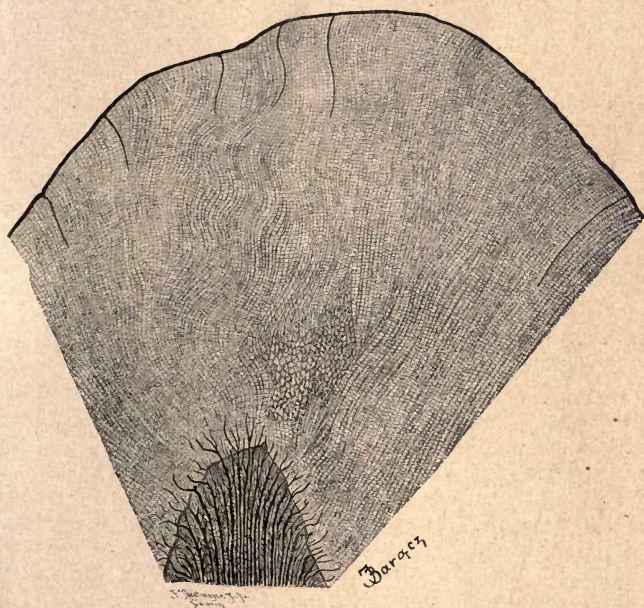


Fig. 161.

Längsschliff durch die Spitze eines menschlichen Eckzahnes (von einem 3½ Jahre alten Knaben.)

Das Eindringen der Zahnkanälchen zwischen die Schmelzprismen und der Verlauf der letzteren sind sichtbar. Ca. 135 mal vergrößert.

schen Gewebe. Der Schmelz ist epithelialer Herkunft und enthält bloß 2—5% organischer Substanz, löst sich deshalb vollkommen, fast ohne irgendeinen Rückstand zu hinterlassen, in verdünnter Salzsäure auf. Er besteht aus langen, 3—6  $\mu$  dicken, meist fünf- oder sechseitigen, nicht ganz regulären Prismen, den sog. Schmelzfasern oder Schmelzprismen. Ihr Verlauf ist ein sehr komplizierter (Fig. 161). Sie ziehen unter wellen- und schraubenartigen Biegungen, meistens in parallelen Reihen geordnet, radiär von der Zahnbein-

oberfläche bis zur freien Oberfläche des Schmelzes hin, wobei sie allmählich in der Richtung nach außen an Dicke etwas zunehmen. Sie erscheinen gewöhnlich strukturlos, jedoch unter dem Einflusse von Reagenzien (verdünnter Salzsäure) oft quer gebändert, sind doppelbrechend, und zwar negativ einachsigt. Die Schmelzprismen liegen dicht gedrängt nebeneinander, durch eine spärliche, auch verkalkende Kittsubstanz fest miteinander verlötet. Auf seiner freien Oberfläche trägt der Schmelz eine über  $1\ \mu$  dicke, strukturlose, verkalkte, gegen chemische Reagenzien sehr widerstandsfähige Membran, die den Namen des Schmelzoberhäutchens, *Cuticula dentis*, führt.

Das Zement, *Substantia ossea dentis* (Fig. 154, 160), bedeckt den Halsteil und die Zahnwurzeln mit einem dünnen, vom Hals gegen das Wurzelende zu immer mächtiger werdenden Überzug. Seinem Baue nach ist es echtes Knochengewebe mit fibrillärer Grundsubstanz, zahlreichen Sharpeyschen Fasern und spärlichen Knochenhöhlen. Letztere fehlen in dem dünnen Halszement gänzlich, werden aber mit zunehmender Mächtigkeit der Zementschicht, also gegen das Wurzelende zu, zahlreicher. Haverssche Kanäle erscheinen nur in alten Zähnen, namentlich in Backzähnen.

Was das Verhalten der Blutgefäße und Nerven der Zähne betrifft, so sind beide ausschließlich auf die Zahnpulpa beschränkt, welche sich durch Reichtum an beiden auszeichnet.

Die *Rami dentales* der *Aa. alveolares* dringen durch die Wurzelkanäle in die Zahnpulpa ein, teilen sich in zahlreiche Ästchen, welche Geflechte mit länglichen Maschen bilden, und zerfallen schließlich an der Peripherie in ein feines, engmaschiges Kapillarnetz, welches bis zwischen die Odontoblasten vordringt (Annet, Lepkowski).

Die Lymphgefäße der Pulpa münden in die *Lymphoglandulae maxillares resp. cervicales profundae*.

Die Nerven aus den *Rami alveolares*, bzw. dem *Plexus dentalis inferior* treten in einigen Bündeln in die Pulpa ein und steigen hier ungefähr in der Achse empor, indem sie sich unterwegs in Fasern auflösen. Diese Fasern bilden ein reichliches Geflecht, biegen gegen die Peripherie der Pulpa ab, verlieren zuletzt die Markscheide und gelangen als feine marklose Fäserchen bis zwischen die Odontoblasten hinein, um hier mit kleinen Anschwellungen frei zu endigen (Retzius). Frühere Beobachtungen, daß Nerven auch noch in das Zahnbein hineindringen (Boll, Römer), werden durch neue Forschungsergebnisse bestätigt (Mummery, Dependorp, Fritzsche). Einzelne Nervenfasern sollen in den Dentinröhrchen endigen (intratubuläre), andere wieder in der Grundsubstanz des Dentins verlaufen (intertubuläre Fasern). Ob diese bis in die äußeren Partien des Zahnbeines, ja sogar in den Schmelz hineingelangen (Morgenstern), ist bis jetzt zweifelsohne nicht erwiesen.



Die Wurzelhaut des Alveolarperiost, Periosteum alveolare, unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Periost dadurch, daß sie der elastischen Fasern vollständig entbehrt und sehr zahlreiche derbe Faserbündel enthält, die als Sharpeysche Fasern von der Wand der Alveolen in das Zement senkrecht zu seiner Oberfläche einstrahlen; beachtenswert ist für die Wurzelhaut ihr Nervenreichtum.

### Die Entwicklung der Zähne.

Das Studium der Zahnentwicklung beweist uns, daß die Herkunft der Hartgebilde des Zahnes eine zweifache ist: es ist nämlich der Schmelz ein Produkt des Mundhöhlenepithels, das Dentin und das Zement sind dagegen Abkömmlinge des Mesenchyms.

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Zähne bildet das Epithel der Kieferränder. Schon im Beginn der siebenten Woche des Fötallebens wächst beim Menschen das Epithel in das tiefer liegende Bindegewebe in Form einer Leiste, der Zahnleiste, hinein. Im dritten Monate bilden sich am freien Rande der Zahnleiste, an ihrer labialen Seite, in gewissen Abständen kolbige Verdickungen des Epithels, welche die ersten Anlagen der Milchzähne darstellen (Fig. 162).

Beim Menschen, dessen Milchgebiß 20 Zähne zählt, beträgt die Anzahl dieser Epithelwucherungen je 10 im Ober- und Unterkiefer. Gleichzeitig gehen im Bindegewebe gewisse Änderungen vor sich, indem dichter gedrängte Bindegewebszellen dem epithelialen Kolben entgegenwachsen, ihn einstülpen und so die Zahnpapille bilden. Infolge dieser Einstülpung und des weiteren Wachstums der Papille nimmt das Epithel die Form einer Kappe an, die der bindegewebigen Papille aufsitzt und wegen ihrer Beziehung zur Schmelzbildung als Schmelzorgan bezeichnet wird. Nun beginnt die Zahnleiste sich vom Schmelzorgan zu lösen, indem die ursprünglich breite Verbindung immer dünner wird und sich zu einer dünnen Verbindungsbrücke — dem Hals des Schmelzorgans, Kolbenhals — einschnürt. An der Stelle, wo sich die Schmelzorgane der Milchzähne von der Zahnleiste abgelöst haben, treibt die letztere in das Bindegewebe eine

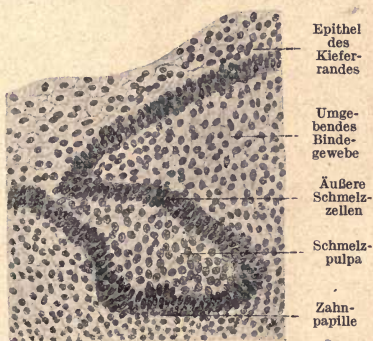


Fig. 162.

Ein frühes Stadium der Zahnentwicklung bei einem Schweinsembryo.

Ca. 240 mal vergrößert.



zweite kolbige Verdickung, in welche die Zahnpapillen der bleibenden Zähne hineinwachsen (Fig. 163).

So entstehen vom fünften Fötalmonate angefangen in der Reihenfolge von vorne nach hinten, sukzessiv in ganz derselben Weise wie die Milchzähne, jedoch mehr nach innen (lingual) zu die 32 Anlagen der bleibenden Zähne.

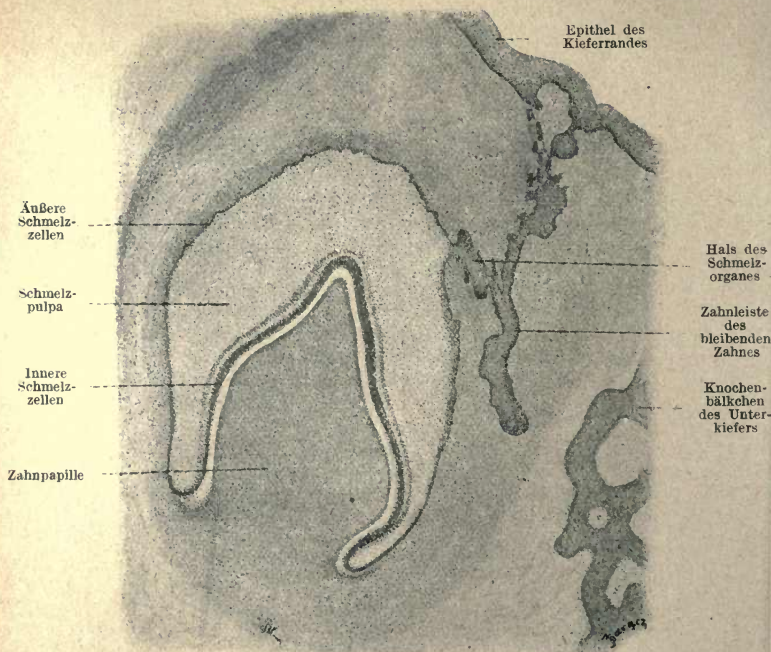


Fig. 163.

Ein vorgeschrittenes Stadium der Zahnentwicklung beim Menschen (von einem  $3\frac{1}{2}$  monatlichen Embryo).

Ca. 65 mal vergrößert.

Inzwischen kommt es innerhalb des Schmelzorgans und der Papille zu Differenzierungen, die zur Bildung der Hartsubstanzen führen. An dem ersteren nämlich gewinnen die an die Zahnpapille grenzenden Zellen — die sog. inneren Schmelzzellen, Schmelzmembran — an Höhe, während die Zellen der äußersten Lage — die äußeren Schmelzzellen — sich abplatteten. Die zwischen der inneren und der äußeren Schicht gelegenen Zellen bilden die sog.

Schmelzpulpa. Zwischen diesen Zellen sammelt sich die Interzellularsubstanz in größerer Menge an, die Zellen werden sternförmig und anastomosieren untereinander, kurz die Schmelzpulpa geht in ein Gallertgewebe über. Später nimmt die Schmelzpulpa nach und

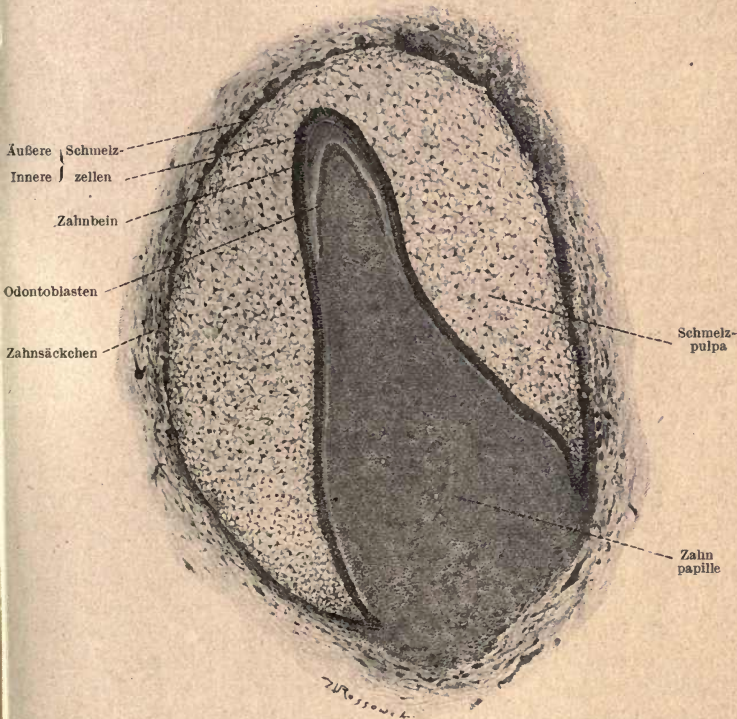


Fig. 164.

Längsschnitt einer Milchzahnanlage eines fünf- bis sechsmonatlichen menschlichen Embryos. Die Bildung von Dentin und Schmelz hat begonnen.

Ca. 45 mal vergrößert.

nach an Masse ab und verschwindet fast gänzlich. Die in der Zahnpapille vor sich gehenden Veränderungen bestehen dagegen hauptsächlich darin, daß die an der Oberfläche der Papillen liegenden Mesenchymzellen zylindrisch werden und sich epithelartig in einer Schicht anordnen; sie werden zu Odontoblasten. Bald verliert sich die Verbindung der Zahnleiste mit dem Epithel des Kiefernrandes



und die der Schmelzorgane mit der Zahnleiste; es wird nämlich die letztere vom Bindegewebe siebartig durchbrochen und in kleine Epithelnester zerlegt. Diese sind häufig kugelig und zeigen oft eine konzentrische Schichtung — eine Folge der zwiebelschalenartigen Anordnung der Epithelzellen (Epithelperlen). Unterdessen wird rings um die Zahnanlagen vom Bindegewebe eine Hülle erzeugt, das Zahnsäckchen, welches nun den Zahnkeim ringsum vollständig einschließt.

Schon um die zwanzigste Woche beginnt beim Menschen die Bildung der Hartsubstanzen des Milchgebisses (Fig. 164). Zuerst tritt das Dentin in die Erscheinung. Es ist ein Produkt der Odontoblasten; sie scheiden an ihrer Oberfläche eine homogene Substanz, das Prädentin, ab, und zwar in Form eines sehr dünnen Häutchens — *Membrana praeformativa*, welche sie von den inneren Schmelzzellen trennt (Kölliker). Das Prädentin geht in Dentin über; letzteres stellt anfänglich eine nicht fibrilläre Substanz dar, innerhalb welcher leimgebende Fibrillen erst später ohne Beziehung zu den Zellen gebildet werden (v. Ebner). In den letzten Jahren sind gegen diese Ansichten über den Dentinentwicklungsprozeß Einwände erhoben worden. So ist v. Korff mit der Behauptung aufgetreten, daß die Odontoblasten an der Bildung der Zahnbeingrunds substanz unbetheilt sind. Von Anfang an soll die Grunds substanz fibrillär sein und die Fibrillen werden von der Pulpa gebildet, indem sie zwischen den Odontoblasten in die Fibrillen der Dentinanlage (*Membrana praeformativa*) übergehen. Disse dagegen kehrt zu der einst von Waldeyer ausgesprochenen Meinung zurück, daß das Zahnbein durch Umwandlung des Protoplasmas der Dentinzellen (Odontoblasten) entsteht. Erst später treten innerhalb der aus dem umgewandelten Protoplasma der Dentinzellen entstandenen homogenen Grunds substanz die leimgebenden Fibrillen auf. Das Dentin tritt zuerst an der Spitze der Zahnpapille auf. Die Odontoblasten entsenden in das Zahnbein Ausläufer, welche als Zahnbeinfasern in die Zahnkanälchen zu liegen kommen. In der fibrillären Grunds substanz lagern sich Kalksalze schichtweise ab. Das verkalkte Dentin erzeugt gegen das unverkalkte halbkugelige Vorsprünge, die Zahnbeinkugeln (Kölliker). Da an vielen Stellen überhaupt keine Verkalkung eintritt, werden solche kleine Stellen von den Zahnbeinkugeln begrenzt und bilden so die früher beschriebenen Interglobularräume.

Bald nach Beginn der Dentinbildung setzt auch die Schmelzbildung ein. Sie wird damit eingeleitet, daß die in der Gegend der künftigen Krone gelegenen inneren Schmelzzellen an ihren, dem jungen Dentin zugekehrten Enden eine homogene Substanz ausscheiden, die sich wie ein Kutikularsaum über die ganze Schicht der inneren Schmelzzellen ausbreitet. Von diesen kutikularen inneren



Enden der Schmelzzellen wachsen in der Verlängerung dieser Zellen gegen das neugebildete Dentin homogene Fortsätze, die Tomesschen Fortsätze, aus. Sie stellen die Anlage der Schmelzprismen dar, indem in ihnen die Verkalkung vom Zentrum zur Peripherie auf Kosten der die Schmelzprismen verbindenden Kittsubstanz vor sich geht. Endlich kommt es in der Kittsubstanz zur Ablagerung der Kalksalze. Nach Beendigung des obigen Schmelzbildungsprozesses gehen die Schmelzzellen zugrunde; ihre Kutikula gelangt an die Oberfläche und wird zum Schmelzoberhäutchen. Bei der weiteren Schmelzentwicklung wird die Schmelzpulpa immer mehr reduziert, bis sich zuletzt die äußeren Schmelzzellen an die inneren anlagern und mit diesen zugrunde gehen.

Das Zement entwickelt sich als Bindegewebsknochen aus dem an das Dentin angrenzenden Bindegewebe, dessen Zellen zu Osteoblasten werden und um sich herum Knochen absondern.

### c) Die Zunge.

Die Zunge ist ein Organ, an dessen Aufbau hauptsächlich quer-gestreifte Muskeln beteiligt sind, die von einer Schleimhaut über-

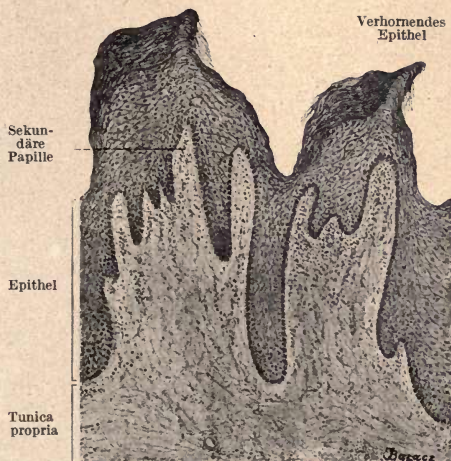


Fig. 165.

Zwei fadenförmige Papillen aus der vorderen Partie der menschlichen Zunge.

Ca. 80 mal vergrößert.

zogen werden. Die Muskelfasern der Zunge lassen sich nach der Verlaufsrichtung der Bündel in drei Arten einteilen, und zwar solche,

deren Bündel die Zunge von vorn nach hinten, von rechts nach links und von oben nach unten durchziehen. Diese Bündel, namentlich die in den oberflächlichen Partien der Zunge gelegenen, durchflechten sich gegenseitig und zeigen an ihren Enden nicht selten Teilungen und Verästelungen. Zwischen den Muskelbündeln finden wir reichlich entwickeltes intramuskuläres Bindegewebe, das neben zahlreichen Fettzellen auch Drüsen enthält, welche tief zwischen die Muskelbündel eindringen.

Die Submukosa verbindet die Zungenmuskulatur mit der Schleimhaut. Sie ist an der Spitze und am Rücken der Zunge schwächer entwickelt und derb, dagegen an den Seiten und vor allem am Grunde

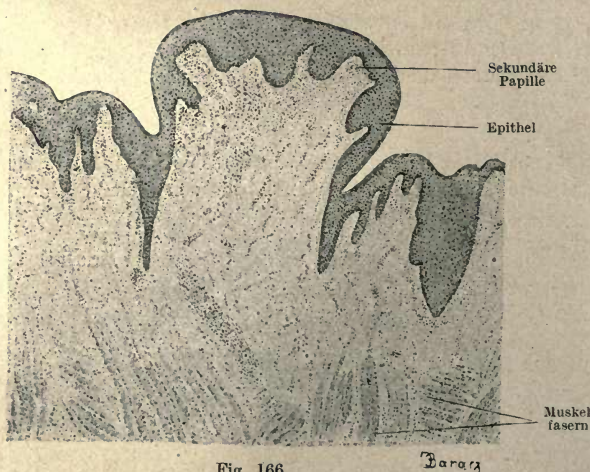


Fig. 166.

Senkrechter Schnitt durch eine Papilla fungiformis des Menschen.

Ca. 45 mal vergrößert.

des Organs stärker ausgebildet und locker. Die Submukosa ist der Sitz sehr zahlreicher Drüsen, welche am dichtesten auf der Hinterzunge gelagert erscheinen. Der Bau dieser Zungendrüsen soll im Zusammenhang mit den Speicheldrüsen behandelt werden.

Die Schleimhaut der Zunge ist wie die übrige Mundhöhlenschleimhaut mit einem geschichteten Plattenepithel bedeckt, unterscheidet sich aber von jener durch gewisse charakteristische Eigentümlichkeiten. So kommt es an gewissen Stellen zur Verhornung, vor allem aber erzeugt sie auf dem Zungenrücken zahlreiche, verschieden gestaltete Erhebungen — die sog. Zungenpapillen.

Wir unterscheiden deren beim Menschen vier Arten: fadenförmige Papillen (Papillae filiformes), pilzförmige Papillen



(Papillae fungiformes), umwallte Papillen (Papillae circumvallatae) und blattförmige Papillen (Papillae foliatae).

Die fadenförmigen Papillen (Fig. 165) stellen kegelförmige Erhebungen von verschiedener Länge (0,7—3 mm) dar, welche über den ganzen Zungenrücken verbreitet sind. In der Zungenmitte sind sie länger, gegen die Ränder hin werden sie niedriger. Die unter dem Epithel gelegene Lamina propria bildet 5—20 sekundäre Papillen; diese sind von einer mächtigen Lage geschichteten Epithels bedeckt, dessen äußerste, die Oberfläche bildenden Zellen verhornen können (namentlich bei Katzen). Der Epithelbelag ist nach oben zu in Form

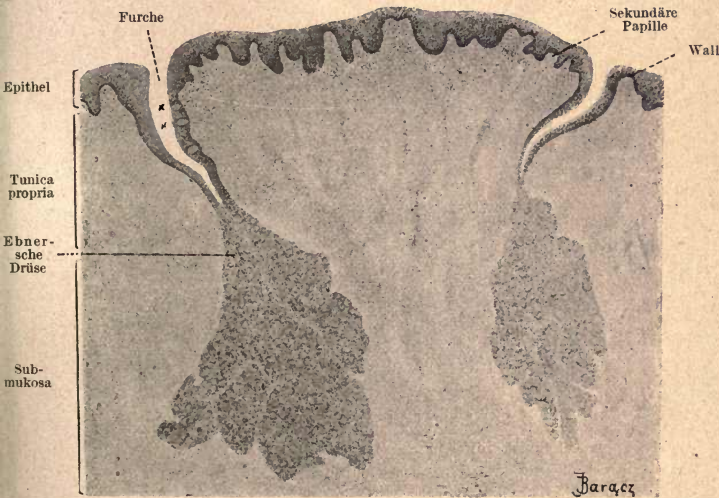


Fig. 167.

Senkrechter Schnitt durch eine Papilla vallata des Menschen.

× × = Geschmacksknospen. 37 mal vergrößert.

einer feinen Spitze ausgezogen, oft zerfasert er sich nach Art eines Pinsels in mehrere Fortsätze.

Die pilzförmigen Papillen (Fig. 166) sind 0,7—1,8 mm lange, keulen-, seltener pilzförmige Gebilde. Sie sind hauptsächlich in der vorderen Hälfte der Zungenoberfläche anzutreffen, zwischen den Papillae filiformes zerstreut. Von den letzteren unterscheiden sie sich durch ihre rote Farbe, die sie dem Durchschimmern der Blutgefäße der Lamina propria durch die verhältnismäßig dünnere Epithellage verdanken. Auch sind ihre sekundären Papillen zahlreicher als bei den Papillae filiformes.



Die umwallten Papillen (Fig. 167) finden sich in der Zahl von 7—12 als runde, 1—2 mm im Durchmesser starke und 1 mm hohe, dicht vor dem Sulcus terminalis angeordnete Gebilde, so daß sie in ihrer Gesamtheit einen nach vorn offenen Winkel bilden. Sie ragen nur wenig über die Schleimhautoberfläche hervor. Ringsum sind sie von einer Furche und nach außen noch von einem flachen ringförmigen Wall umgeben. Bloß die Oberfläche der Lamina propria weist sekundäre Papillen auf, während die Seitenflächen von ihnen frei bleiben. Letztere enthalten dagegen die Endapparate des Geschmacksnerven, die sog. Geschmacksknospen, welche die verhältnismäßig dünne Epithellage in ihrer ganzen Dicke durchsetzen.

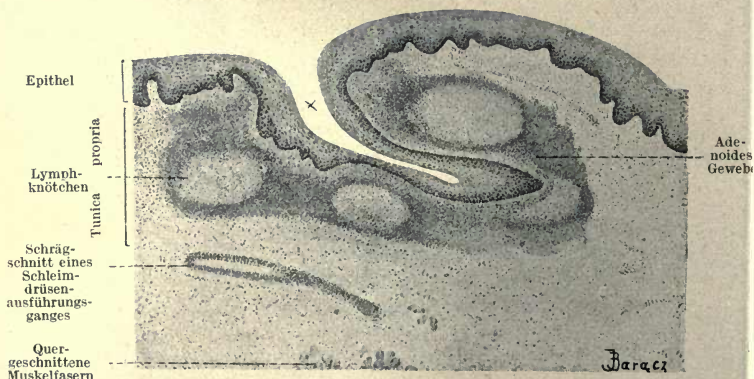


Fig. 168.

Schnitt durch einen Zungenbalg des Menschen.

x = Balghöhle. 50 mal vergrößert.

In die Furche münden zahlreiche seröse (von Ebnersche) Drüsen ein, deren Beschreibung später folgen soll (Fig. 167).

Die blattförmigen Papillen haben ihren Sitz am Seitenrand des hinteren Teiles der Zunge und besitzen beim Menschen die Form von 3—6 parallelen, quer zum Zungenrande verlaufenden, durch Furchen voneinander getrennten Schleimhautfalten. Sie enthalten in ihrem Epithel ebenso wie die Papillae vallatae zahlreiche Geschmacksknospen. Viel stärker entwickelt finden wir sie bei vielen Säugetieren, so bei Affen, Halbaffen, Nagetieren. Beim Kaninchen z. B. bilden sie ein plattes, ovales, aus zahlreichen Falten, sogenannten Blättern zusammengesetztes Gebilde, welches in den Seitenflächen der Blätter außerordentlich viele Geschmacksknospen enthält.

Die Schleimhaut der Hinterzunge weist keine Papillen auf, zeigt aber zahlreiche flache, im Durchmesser 1—4 mm haltende Erhebungen,

sogenannte Zungenbälge, *Folliculi linguales*, die insgesamt den Namen *Tonsilla lingualis* führen (Fig. 168).

In der Mitte eines jeden Zungenbalges ist eine kleine Öffnung, welche in die Balghöhle führt. Letztere stellt eine blindsackförmige Einsenkung der Schleimhaut dar und ist ähnlich wie die Zungenoberfläche von geschichtetem Plattenepithel ausgekleidet. Die unter dem Epithel liegende *Lamina propria* zeigt reichlich angehäuften adenoides Gewebe, das von dem es umgebenden fibrillären Bindegewebe scharf abgegrenzt ist und mehrere um die Balghöhle sich anordnende Knötchen mit Keimzentren enthält. Die Grenze zwischen dem Epithel der Balghöhle und dem darunterliegenden adenoiden Gewebe ist, infolge massenhafter Durchwanderung von Leukozyten

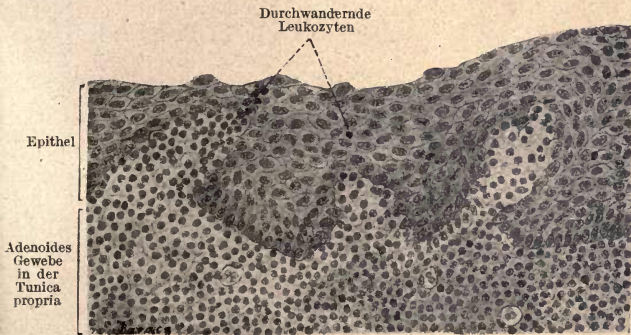


Fig. 169.

Aus einem feinen Schnitt durch einen Zungenbalg des Menschen.

Ca. 260 mal vergrößert.

in die Höhle, ziemlich verwischt, ja durch obige Wanderung kann sogar das Epithel an vielen Stellen destruiert werden (Fig. 169).

Die Arterien der Zunge sind Äste der A. lingualis. Dieselben bilden in der Submukosa ein zur Oberfläche parallel ausgebreitetes Netz, aus welchem zu den Papillen Zweige aufsteigen und in Kapillarnetze zerfallen. Die aus denselben entspringenden Venen zeigen den gleichen Verlauf wie die Arterien.

Ähnlich verhalten sich auch die Lymphgefäße der Zunge, die in der Zungenwurzel stärker entwickelt sind. Die innerhalb des Papillenbindegewebes entspringenden Gefäße bilden einen oberflächlichen und weiterhin, innerhalb der Submukosa, einen tiefer liegenden Lymphplexus. Die abführenden Gefäße gehen in die *Lymphoglandulae linguales* und *Lymphoglandulae cervicales* über.

Die Innervation der Zunge hat einen vierfachen Ursprung. Der N. lingualis (ein Ast des N. trigeminus) versorgt die ganze



Vorderzunge, indem er zwei Geflechte, das eine in der Submukosa, das andere in der Lamina propria bildet, aus denen Zweige abgehen, die teils freie Endarborisationen im Bindegewebe und im Epithel bilden, teils in besondere Endkörperchen in Form der Pacinischen, Krauseschen, Meißnerschen und Ruffinischen Körperchen auslaufen.

Die die ganze Hinterzunge versorgenden Rami linguales des N. glossopharyngeus gelangen vor allem in die Geschmacksknospen.

Einen kleinen Teil der Hinterzunge innerviert der vom N. vagus abstammende N. laryngeus superior.

Viertens tritt noch zur Zunge der N. hypoglossus. Seine Endäste stellen die motorischen Fasern der Zungenmuskulatur dar; sie endigen an den Muskelfasern mit motorischen Endplatten.

#### d) Die Speicheldrüsen.

Wir wollen den Bau der großen Speicheldrüsen, zu denen die Glandula submaxillaris, die Glandula sublingualis und die Glandula parotis gehören, zusammen behandeln mit dem der kleineren Speicheldrüsen, die wir in der Submukosa der Mundhöhlenschleimhaut antreffen.

Vom morphologischen Standpunkte aus, also nach der Form der Sekretionsräume, können die Speicheldrüsen in tubulöse, alveoläre und alveolär-tubulöse geschieden werden. Tubulös sind die von Ebnerschen Drüsen, alveolär ist die Parotis und der seröse Teil der Submaxillaris, alle übrigen Drüsen sind alveolär-tubulös. Die kleinsten der Mundhöhlendrüsen entsprechen den verästelten Einzeldrüsen, die größeren und die großen Speicheldrüsen dagegen den zusammengesetzten Drüsen.

Vom physiologischen Gesichtspunkte aus (Rudolf Heidenhain), also nach den von den Drüsen ausgeschiedenen Produkten teilen wir dagegen die Speicheldrüsen in seröse, d. h. eiweißhaltiges schleimfreies Sekret liefernde, in muköse, ein stark schleimhaltiges Sekret produzierende, und in gemischte Drüsen, d. h. solche, die gleichzeitig beide Sekretarten absondern.

Rein serös sind die von Ebnerschen Drüsen und die Parotis, rein mukös ist ein Teil der kleinen Mundhöhlendrüsen (Gaumendrüsen und ein Teil der Zungendrüsen), gemischt sind die Submaxillaris, Sublingualis und von den kleinen Drüsen die Wangen- und Lippendrüsen und die Glandulae linguales anteriores.

Alle größeren Mundhöhlendrüsen zeigen den typisch lappigen Bau; das Bindegewebe trennt das ganze Drüsenparenchym in größere und kleinere Läppchen.



Im Drüsenparenchym finden wir folgende Bestandteile: der von der Oberfläche der Mundhöhlenschleimhaut ausgehende Hauptausführungsgang teilt sich in zahlreiche Zweige, aus denen in größeren Drüsen die sogenannten Speichelröhren ihren Ursprung nehmen. Die letzteren verlaufen anfänglich interlobulär, dann treten sie in das Innere der Läppchen ein und gehen erst hier in sogenannte Schaltstücke über, die endlich in die eigentlichen sezernierenden Abschnitte, die sogenannten Endstücke, führen. Wenn auch dem ausführenden Gangsysteme zum großen Teil ebenfalls eine sekretorische Funktion zugeschrieben wird, so wird doch das Sekret in der Hauptsache in den Endstücken abgesondert. Jedes Endstück, mag es nun tubulöse oder alveoläre Form haben, ist von einem einschichtigen kubischen Drüsenepithel ausgekleidet und überdies nach außen durch eine äußerst dünne, strukturlose *Membrana propria* abgegrenzt. An ihrer Innenfläche finden sich zwischen ihr und den Drüsenzellen sternförmige, anastomosierende Zellen, welche die Endstücke korbartig umfassen und deshalb Korbzellen genannt werden. Ob wir es hier mit epithelialen, bindegewebigen oder kontraktile Muskelzellen zu tun haben, ist bisher endgültig nicht entschieden worden.

Das sezernierende Epithel der Endstücke zeigt einen differenten Bau bei mukösen und bei serösen Drüsen. Innerhalb derselben Drüse finden sich aber außerdem noch funktionelle Unterschiede, d. h. die Zellen einer tätigen, also absondernden Drüse unterscheiden sich beträchtlich von den Zellen einer ruhenden Drüse, welche längere Zeit nicht sezerniert hat. Eine derartige ruhende Zelle nimmt während der Ruhepause aus dem Blutstrom Stoffe auf, die sie zum Sekret, bzw. zu Vorstufen des Sekrets verarbeitet.

Untersuchen wir nun die Drüsenzellen einer serösen Drüse, z. B. einer Parotis während des Ruhestadiums, so erblicken wir verhältnismäßig kleine Zellen, deren Protoplasma einen wabigen Bau zeigt. Alle Waben sind mit kugeligen Granulis ausgefüllt, so daß die ganze Zelle mit Granulis vollgepfropft erscheint. Der scheinbar geschrumpfte, unregelmäßig zackige Kern liegt meist in der Zellmitte und läßt stark zusammengedrücktes Chromatin erkennen. Karmin färbt den Zellkörper schwach, ein Gemisch eines roten sauren und eines blauen basischen Anilinfarbstoffs färbt den Kern blau und die Körnchen des Zellkörpers lebhaft rot. Beginnt die Drüse zu sezernieren, so gehen die Körner in das Sekret über und werden ins Drüsolumen entleert. In dem Maße als die Zelle ihre Sekretkörner ausstößt, verschwinden dieselben aus dem peripheren Teil der Zelle und es erfolgt eine Aufhellung ihrer basalen Zone, wobei die ganze Zelle kleiner wird. Der Kern wird kugelig und weist ein deutliches Chromatingerüst und Kernkörperchen auf. Das Protoplasma erscheint an der basalen Zone dichter und färbt sich mit Karmin stärker. Die

Körnchen stellen eine Vorstufe des Sekrets dar, erscheinen zuerst als kleinste Granula im Protoplasma der basalen Zone, rücken allmählich nach der freien Oberfläche vor, wachsen an, werden wasserreicher, löslicher und auch weniger färbbar. Dann treten sie ins Drüsenlumen aus, werden gelöst und liefern die Eiweißkörper des Sekrets. Am Ende der Sekretionsperiode ist das Protoplasma von allen Granulis frei und geht in den Ruhezustand über. Doch beginnen nach einer gewissen Zeit wiederum Körnchen sich zu bilden, und zwar an der Zellbasis.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse in einer Schleimdrüse, z. B. in einer Gaumendrüse. Hier zeigen die im Vergleich zu den serösen Drüsen bedeutend größeren Zellen während der Ruhe ebenfalls wabigen Bau. Sie sind auch mit Körnchen vollgepfropft, die in den Waben eingelagert sind. Aber in Karmin färbt sich die Zelle nicht und in der Mischung eines sauren und eines basischen Farbstoffes färbt sich der Zellkörper mit dem basischen Farbstoff blau, nicht aber rot mit dem saueren, wie dies bei serösen Zellen der Fall ist. Es zeigen somit hier schon in diesem Stadium der sezernierenden Tätigkeit die Körner die Schleim- oder Muzinreaktion. Der Kern erscheint oft zackig, stark abgeplattet und direkt der Membrana propria angelagert oder in einen Fortsatz der Zelle hineingeschoben, so daß es oft schwer fällt, ihn zu entdecken. Fängt die sezernierende Tätigkeit der Zelle an, d. h. beginnt die Zelle Schleim zu entleeren, so quellen die Körnchen auf, werden ins Lumen ausgestoßen, lösen sich und liefern das Muzin des Schleims. Hand in Hand mit der Ausstoßung der Körnchen macht sich an der Basis der Zellen ein Zuwachs von sich rot färbendem Protoplasma bemerkbar, in dessen Maschen ebenfalls sich rot färbende Körnchen auftreten. Diese Granula zeigen also zunächst ein ganz gleiches Verhalten wie die der serösen Zellen. Wenn die Muzingranula gänzlich ausgestoßen sind, sieht die Schleimzelle einer serösen vollkommen ähnlich. Dieses Stadium ist aber nur von ganz kurzer Dauer, denn die kleinen, sich rot färbenden Granula, welche eine Vorstufe des Muzins, Muzigen, ausmachen, fangen nun von innen nach außen fortschreitend an, sich in Muzinsubstanz umzuwandeln.

Was für einen Anteil an der Sekretionstätigkeit die Mitochondrien, respektive der Kern haben, wurde bei Besprechung der Drüsenzellen im allgemeinen erörtert — worauf wir, um Wiederholungen zu vermeiden, verweisen. Die Mehrzahl der Mundhöhlendrüsen besteht nun nicht ausschließlich aus serösen oder mukösen Zellen, sondern beide Zellarten gruppieren sich in bestimmter Weise neben einander, wie dies in den gemischten Speicheldrüsen der Fall ist.

Die Unterkieferdrüse, *Glandula submaxillaris*, ist eine







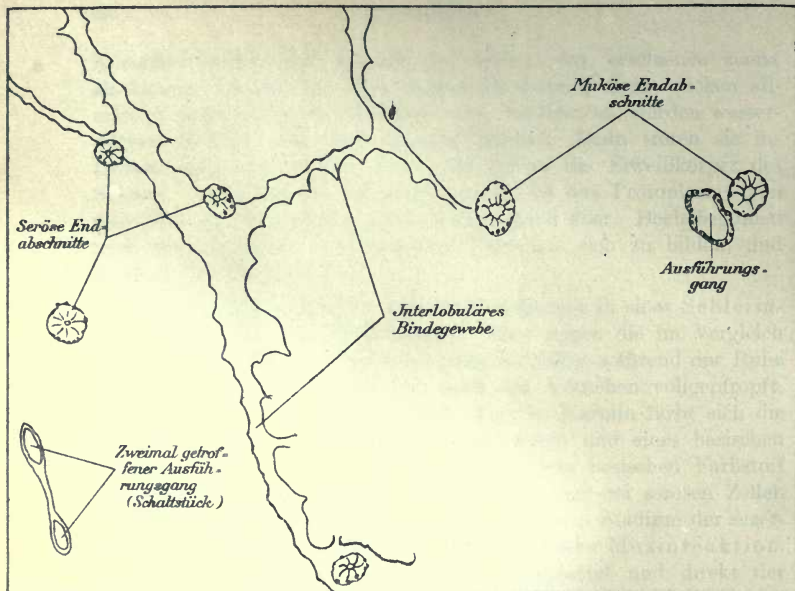


Fig. 171.

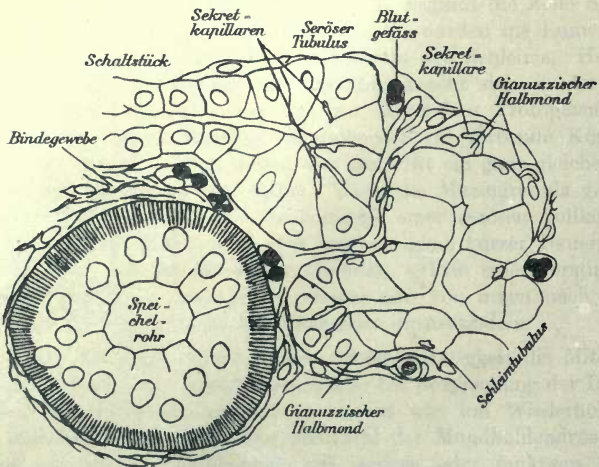


Fig. 170. Aus einem Schnitt durch die Unterkieferspeicheldrüse (Gland. submaxillaris) des Menschen. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 150 mal vergrößert.

Fig. 171. Aus einem Schnitt durch die Glandula submaxillaris des Menschen. Färbung nach Biondi. Ca. 600 mal vergrößert.

Fig. 170.

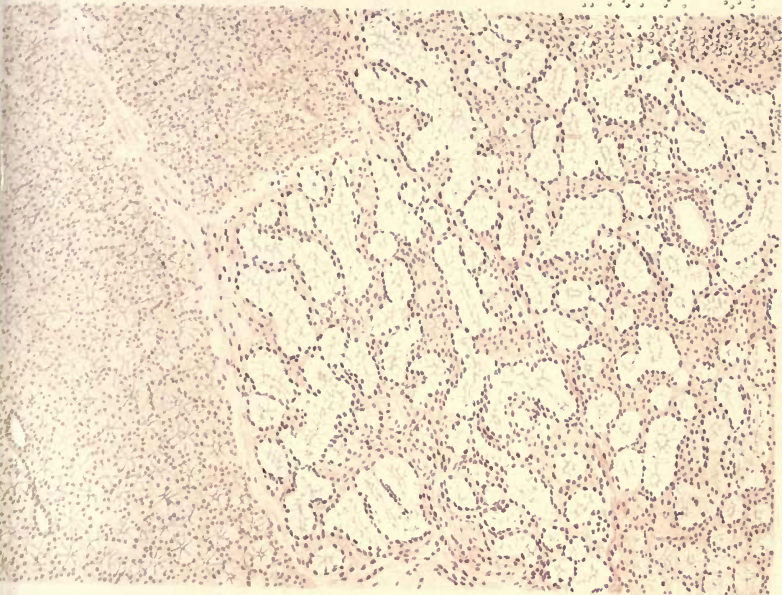
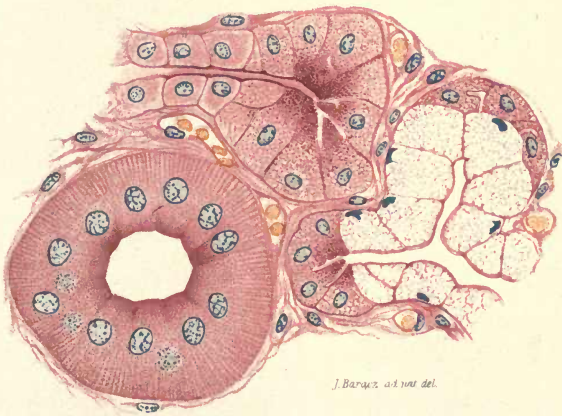


Fig. 171.



J. Barquez a. v. del.

UNIV. OF  
CALIFORNIA





zum Teil alveoläre, seröse und zum Teil alveolo-tubulöse, gemischte Drüse (Taf. XVII, Fig. 170, 171 und 172).

Der Hauptausführungsgang, Ductus submaxillaris (Whartoni), besitzt ein zweireihiges Epithel, dessen oberflächliche Zellen zylindrisch, die darunter gelegenen kubisch sind (Steiner). Die vom Epithel durch eine strukturlose Basalmembran getrennte Bindegewebslage

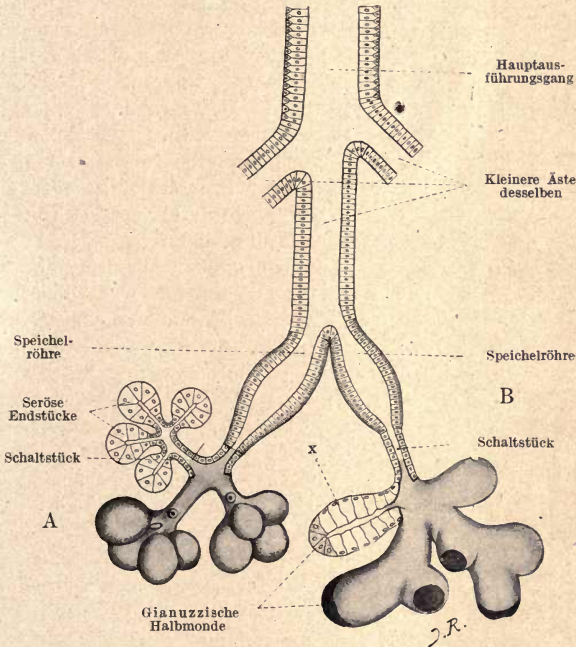


Fig. 172.

Schema der Glandula submaxillaris.

A = seröser Teil; B = muköser Teil; x = Schleimtubulus mit aufsitzendem Halbmond.

enthält zahlreiche elastische Fasern und Bündel längs verlaufender glatter Muskelzellen (Köl liker).

Im Inneren der Drüse angelangt, verzweigt sich der Ausführungsgang vielfach zunächst zwischen den einzelnen Drüsenläppchen in interlobuläre Ausführungsgänge, die anfangs noch die Bauverhältnisse des Ductus submaxillaris zeigen. Sobald aber diese interlobulären Gänge sich weiter geteilt haben und in die Lläppchen als intra-lobuläre Gänge eingetreten sind, schwindet die Muskulatur und das

Epithel wird einschichtig, zunächst zylindrisch, im weiteren Verlauf kubisch. Die Epithelzellen dieser intralobulären Speichelgänge oder Speichelhöhlen lassen an ihrer basalen Hälfte eine charakteristische Streifung erkennen — es sind das die Heidenhainschen Stäbchen.

Ein genaues Studium zeigt, daß diese Stäbchen sich in Körnerreihen auflösen lassen. Höchstwahrscheinlich muß diese Streifung mit der sekretorischen Funktion in Zusammenhang gebracht werden, die auch diesen Zellen von manchen Autoren (Zerner, Eckhard, Merkel, R. Krause) zugeschrieben wird. Die intralobulären Speichelhöhlen gehen dann weiter in die sog. Schaltstücke über, die mit einschichtigem kubischen Epithel ausgekleidet sind (Fig. 171).

Die Drüsenendstücke, die sich an diese Schaltstücke anschließen, sind nun in der Submaxillaris zweierlei Natur, entweder rein serös oder mukös. Die ersteren überwiegen in der menschlichen Submaxillaris beträchtlich die letzteren. Rein seröse Endabschnitte sind alveolär, die mukösen dagegen tubulös alveolär (Fig. 172). Diesen letzteren sind jedoch in zweifacher Weise noch seröse Zellen angelagert, so daß sie nicht als rein mukös, sondern eher als gemischt zu bezeichnen sind. Der Schleimtubulus kann einmal direkt in einer serösen Alveole endigen, andererseits sitzen den Schleimalveolen kleine Komplexe seröser Zellen in Form einer Kappe auf, die Gianuzzischen oder v. Ebnerschen Halbmonde (Fig. 171).

Die Gianuzzischen Halbmonde sind zweifelsohne sezernierende Zellen (v. Ebner, Langley, E. Müller, R. Krause) und ihre Struktur zeigt soviel Ähnlichkeit mit den serösen Zellen, daß wir sie mit diesen identifizieren können. Dafür spricht auch die chemische Konstitution des Drüsensekrets. Sobald in den Schleimdrüsen Halbmonde auftreten, steigt der Eiweißgehalt des Sekrets (R. Krause).

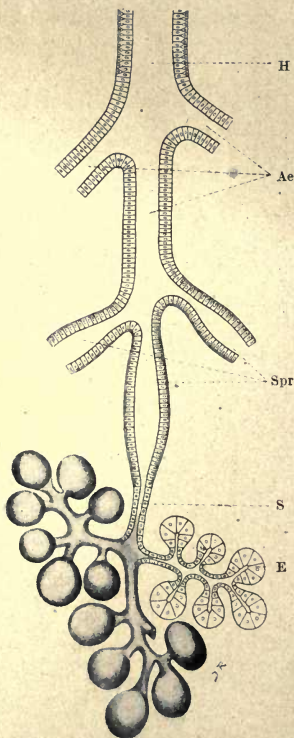


Fig. 173.

Schema der Glandula parotis.

H = Hauptausführungsgang; Ae = kleinere Äste desselben; Spr = Speichelhöhle; S = Schaltstück; E = Endstück.



Das Lumen der mit mukösen Drüsenzellen ausgekleideten Tubuli ist verhältnismäßig breit; es setzt sich in den Halbmond und zwischen dessen Zellen in Form von feinen Röhrchen, den schon früher erwähnten Sekretkanälchen, fort.

Das Lumen der rein serösen Alveolen ist eng; von ihm dringen feine Sekretkanälchen zwischen die serösen Zellen ein. Ob diese Kanälchen auch in die Zellen selbst eindringen, ist eine noch strittige Frage.

Die Ohrspeicheldrüse, Parotis (Fig. 173, 174, 175 und 176) ist eine rein seröse, alveoläre Drüse. Das ganze Kanalsystem: der Ausführungsgang (Ductus parotideus s. Stenoni), die Speichelröhren

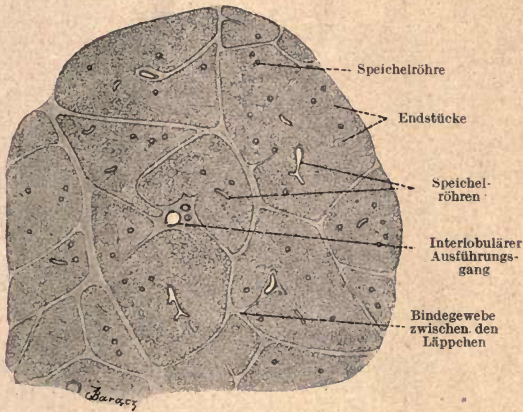


Fig. 174.

Aus einem Schnitt durch eine Parotis des Hundes.

Es sind einige Läppchen zu sehen. Ca. 22 mal vergrößert.

und die Schaltstücke verhalten sich hier ebenso wie in der Submaxillaris. Die letzteren sind länger und eng, mit niedrigen kubischen Zellen ausgekleidet. Die Endstücke weisen zahlreiche Sekretkanälchen zwischen den Drüsenzellen auf. Im interalveolären Bindegewebe finden sich zahlreiche Fettzellengruppen.

Die Unterzungenspeicheldrüse, Glandula sublingualis, ist eine vorwiegend muköse Drüse von alveolär-tubulösem Bau. Sie ist ein Komplex von einer größeren (Gl. subling. major) und 5–20 kleineren Einzeldrüsen (Gl. subling. minores). Der Ausführungsgang der ersteren, Ductus sublingualis major s. Bartholini, mündet zusammen mit dem Ductus submaxillaris an der Caruncula sublingualis, die Ausführungsgänge der letzteren, Ductus sublinguales minores s. Rivini öffnen sich getrennt am Mundhöhlenboden. Die Ductus sub-



linguales gleichen in ihrem Bau dem Ductus submaxillaris. Die mit charakteristisch gestreiftem Epithel ausgekleideten Speicheldrüsen, sowie die Schaltstücke fehlen entweder ganz oder sind nur schwach angedeutet. Die aus Schleimzellen zusammengesetzten Endstücke zeigen immer Gianuzzische Halbmonde, zusammengesetzt aus serösen Zellen, welche in Gestalt einer Mütze oder eines Fingerhuts an der größten Ausbuchtung der Alveolen oder an den Enden der Schläuche lagern. Seltener treten seröse Zellen in einzelne Alveolen angeordnet auf. Zu den serösen Zellen gelangen Sekretkanälchen.

Die kleinen Mundhöhlendrüsen, die Wangen- und Lippendrüsen, sowie die Glandulae linguales anteriores

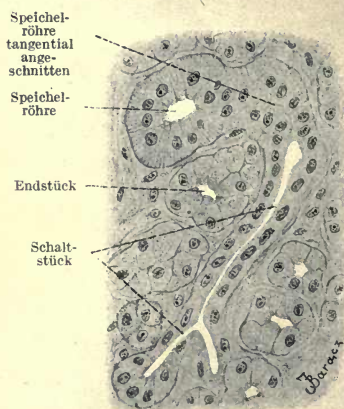


Fig. 176.

Aus einem Schnitt durch die Glandula parotis des Menschen.

Ca. 450 mal vergrößert.

(Blandini, Nuhni), welche beiderseits an der Spitze der Zunge eine Gruppe von kleinen Drüsen bilden, gleichen in ihrem Bau der Glandula sublingualis — es sind alveolär-tubulöse Schleimdrüsen mit Halbmonden, d. h. eigentlich gemischte Drüsen. Die Gaumendrüsen und ein Teil der Zungendrüsen dagegen sind alveolär-tubulöse Schleimdrüsen, die keine Halbmonde besitzen. Eine Sonderstellung unter den Zungendrüsen nehmen die v. Ebnerschen Drüsen ein; sie sind, wie schon früher hervorgehoben wurde, rein serös und gehören dem verzweigt tubulösen Typus an (Maziarski) und sind nur auf die Gegend der Papillae vallatae und foliatae beschränkt.

Die Ausführungsgänge sind mit einfachem Zylinderepithel ausgekleidet, welches innerhalb der Drüse immer niedriger kubisch wird und in den Tubuli in die kegelförmigen serösen Zellen übergeht. Das Lumen der Tubuli ist sehr eng, Sekretkanälchen finden sich sehr zahlreich.

Demzufolge sind also die Zungendrüsen teils rein serös, teils rein mukös, zum Teil aber gemischt.

Die Speicheldrüsen sind mit Blutgefäßen reichlich versehen. Die Arterien verzweigen sich im Bindegewebe zwischen den Läppchen, dringen in die letzteren ein, zerfallen hier in feine Ästchen und umspinnen die Endstücke mit einem dichten, außerhalb der Membrana propria gelegenen Kapillarnetze, aus welchem dann ganz ähnlich verlaufende Venen hervorgehen (Fig. 194, Taf. XXXI).

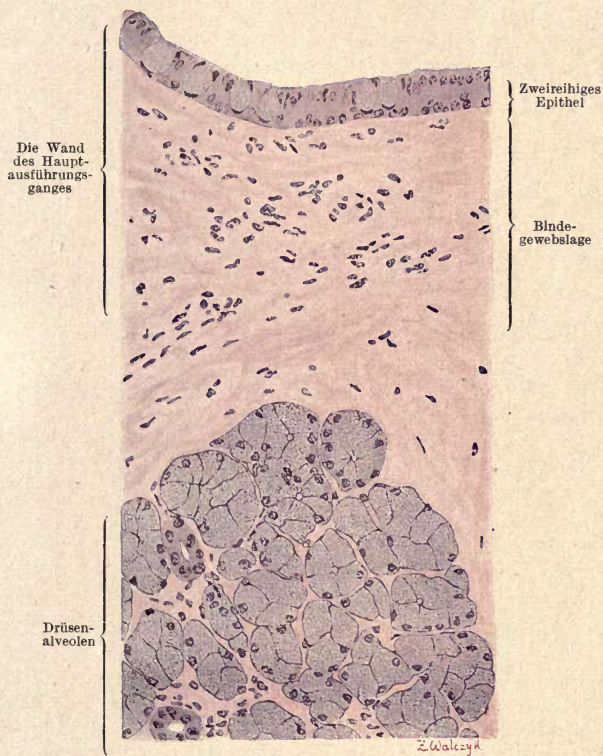
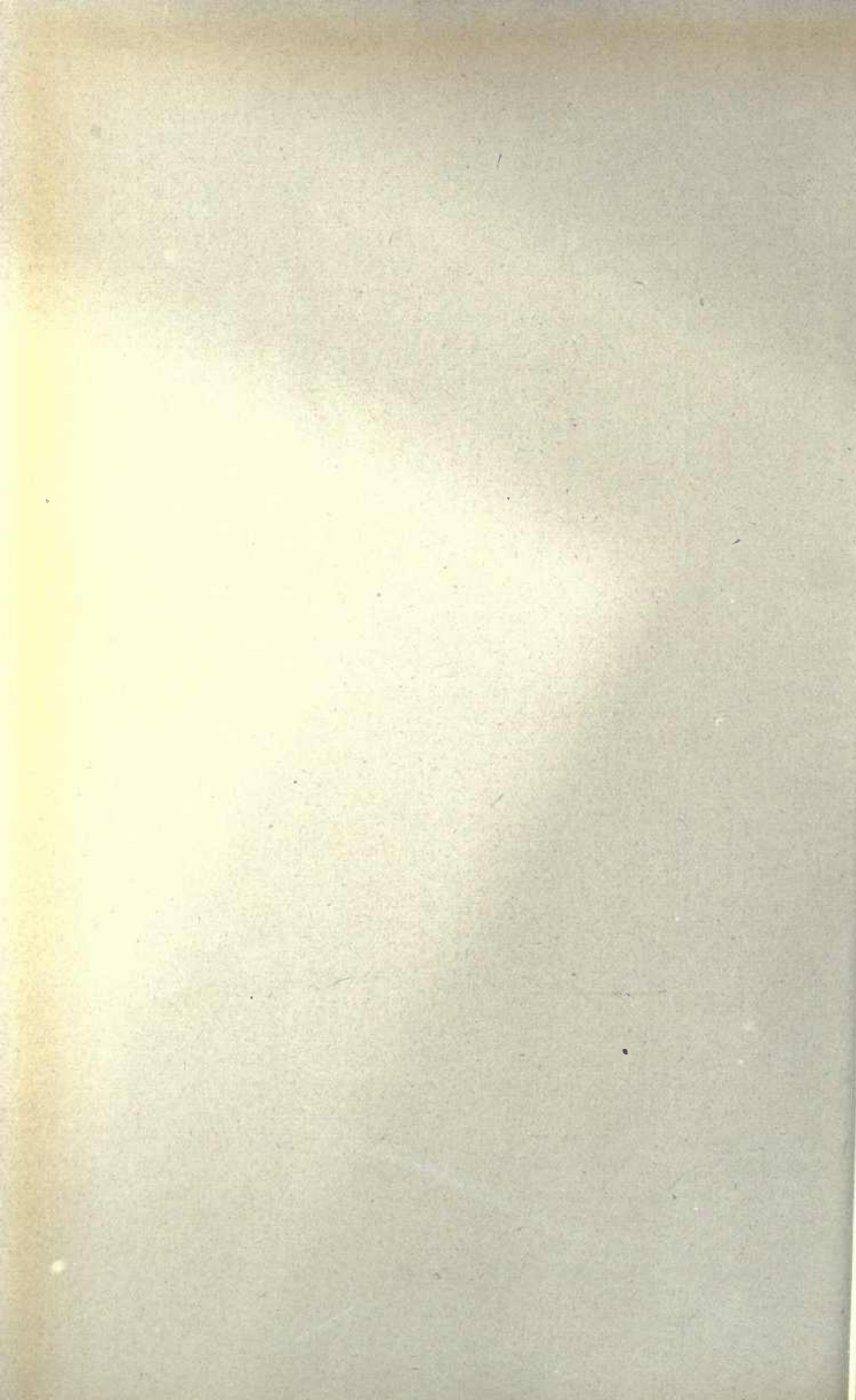


Fig. 175.

Kleiner Teil eines Schnittes durch die Parotis des Menschen.





Die Lymphgefäße der Speicheldrüsen entwickeln sich aus Spalträumen, welche die Membrana propria der Endstücke von den Kapillaren trennen (Gianuzzi). Es muß also das zur Sekretion bestimmte Material zunächst aus den Blutkapillaren in Lymphräume und von diesen erst zu den Drüsenzellen übertreten. In diesen Lymphspalten trifft man, besonders bei der tätigen Drüse, Wanderzellen und Mastzellen in reicher Fülle an (Heidenhain, R. Krause).

Die perialveolären und peritubulären Lymphspalten kommunizieren miteinander und münden in die interlobulären Lymphkapillaren, welche wiederum mit den Lymphscheiden der interlobulären Blutgefäße in Verbindung stehen.

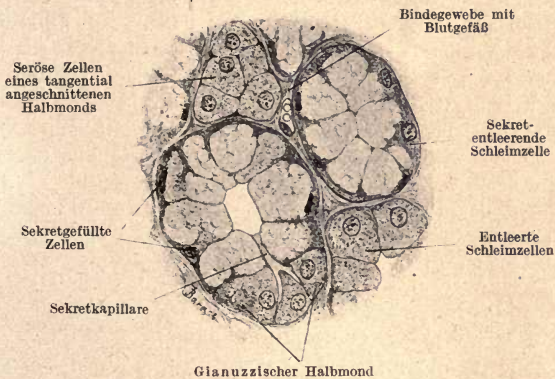


Fig. 177.

Aus einem Schnitt durch die Glandula sublingualis des Menschen.

Ca. 560 mal vergrößert.

Die Nerven der Speicheldrüsen können wir ihrer Funktion nach in drei Gattungen teilen. Die Absonderungsnerven stammen aus dem N. intermedius für die Submaxillaris und Sublingualis und einen Teil der Zungendrüsen, aus dem N. glossopharyngeus für die Parotis, die Gaumendrüsen und Zungendrüsen. Die sensiblen Nerven sind Zweige des N. trigeminus. Die Gefäßnerven entstammen dem Halssympathikus und den Gefäßgeflechten der großen Arterien. Die sekretorischen Nerven umspinnen die Alveolen, ihre Zweige sollen die Membrana propria durchdringen, um zwischen und an den Drüsenzellen zu endigen (Retzius; Fusari). Die sensiblen Nerven endigen wohl zumeist im interlobulären Bindegewebe, manchmal innerhalb besonderer Endkörperchen (W. Krause). Die sympathischen Fasern bilden um die Gefäße der Drüsen dichte Netze, sie stehen in Verbindung mit kleinen sympathischen Ganglien, denen man im inter-

lobulären Bindegewebe gar nicht selten begegnet. Physiologische Experimente (Eckhard, R. Heidenhain) machen es sehr wahrscheinlich, daß auch diese sympathischen Fasern mit den Drüsenzellen in direkte Verbindung treten.

Der Speichel, *Saliva*, ist eine klare, fadenziehende Flüssigkeit, setzt sich aus den Sekreten aller in die Mundhöhlen einmündenden Drüsen zusammen und enthält geformte Elemente nur in geringer Zahl. Neben einer großen Menge von Saprophyten (*Leptothrix*, Spirillen, Kokken usw.) finden sich noch im Mundspeichel abgestoßene Zellen des Mundhöhlenepithels und die sog. Speichelkörperchen. Die Speichelkörperchen sind kugelige, im Durchmesser ca.  $10\ \mu$  haltende körnige Körperchen. Nicht immer kann an diesen abgestorbenen Elementen ein Kern erkannt werden; ihr körniger Inhalt zeigt sehr schön das Phänomen der Brownschen Molekularbewegung. Wenn die Speichelkörperchen fast allgemein als Lymphozyten betrachtet werden, welche vor allem aus den lymphoiden Organen der Mundhöhle (Tonsillen, Zungenbälge) durch das Epithel in die Mundhöhle gelangen, sieht sie Laquer für echte neutrophile Leukozyten bzw. Zerfallsprodukte von solchen an, die hauptsächlich durch die Schleimhaut des Rachendachs durchwandern, Retterer und Lelièvre behaupten dagegen, die Speichelkörperchen seien keine Blutelemente, sondern freigewordene Kerne der abgestoßenen Epithelzellen, mit einem schmalen Plasmasaum umgeben.

## 2. Die Schlundhöhle.

Die Schlundhöhle, *Cavum pharyngis*, ist ein dem Verdauungs- und Atmungssystem gemeinsamer Hohlraum. Es kann in ihm eine *Pars nasalis*, *oralis* und *laryngea* unterschieden werden.

Was ihre Epithelauskleidung anbetrifft, so sehen wir, daß das mehrreihige Flimmerepithel der *Pars respiratoria* der Nasenhöhle sich auch auf die *Pars nasalis* der Schlundhöhle fortsetzt, während das Epithel der *Pars oralis* und *laryngea* sich in nichts von der Epithelauskleidung der Mundhöhle unterscheidet, also ein geschichtetes Plattenepithel darstellt. Die *Lamina propria* trägt da, wo sie mit geschichtetem Plattenepithel bedeckt ist, Papillen und wird von adenoidem Gewebe reichlich durchsetzt. Es kommt hier zur Bildung zahlreicher zerstreuter Follikel und am Gewölbe des Pharynx zu einer ansehnlichen Anhäufung des adenoiden Gewebes unter Bildung der sog. Rachenmandel, *Tonsilla pharyngea*, sowie jederseits zwischen beiden Gaumenbögen zur Bildung der Gaumenmandeln, *Tonsillae palatinae* (Fig. 178). Die letzteren entsprechen in bezug auf den Bau genau den oben beschriebenen Zungenbalgdrüsen mit dem Unterschiede, daß sie bedeutend größer sind und ein Konglomerat von 10—20 Balgdrüsen darstellen. Die Höhlen innerhalb der einzelnen



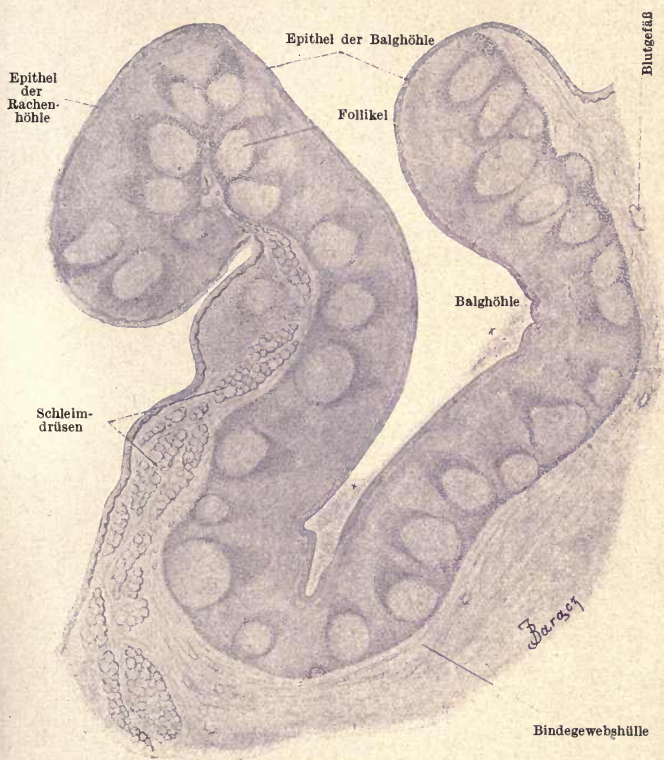
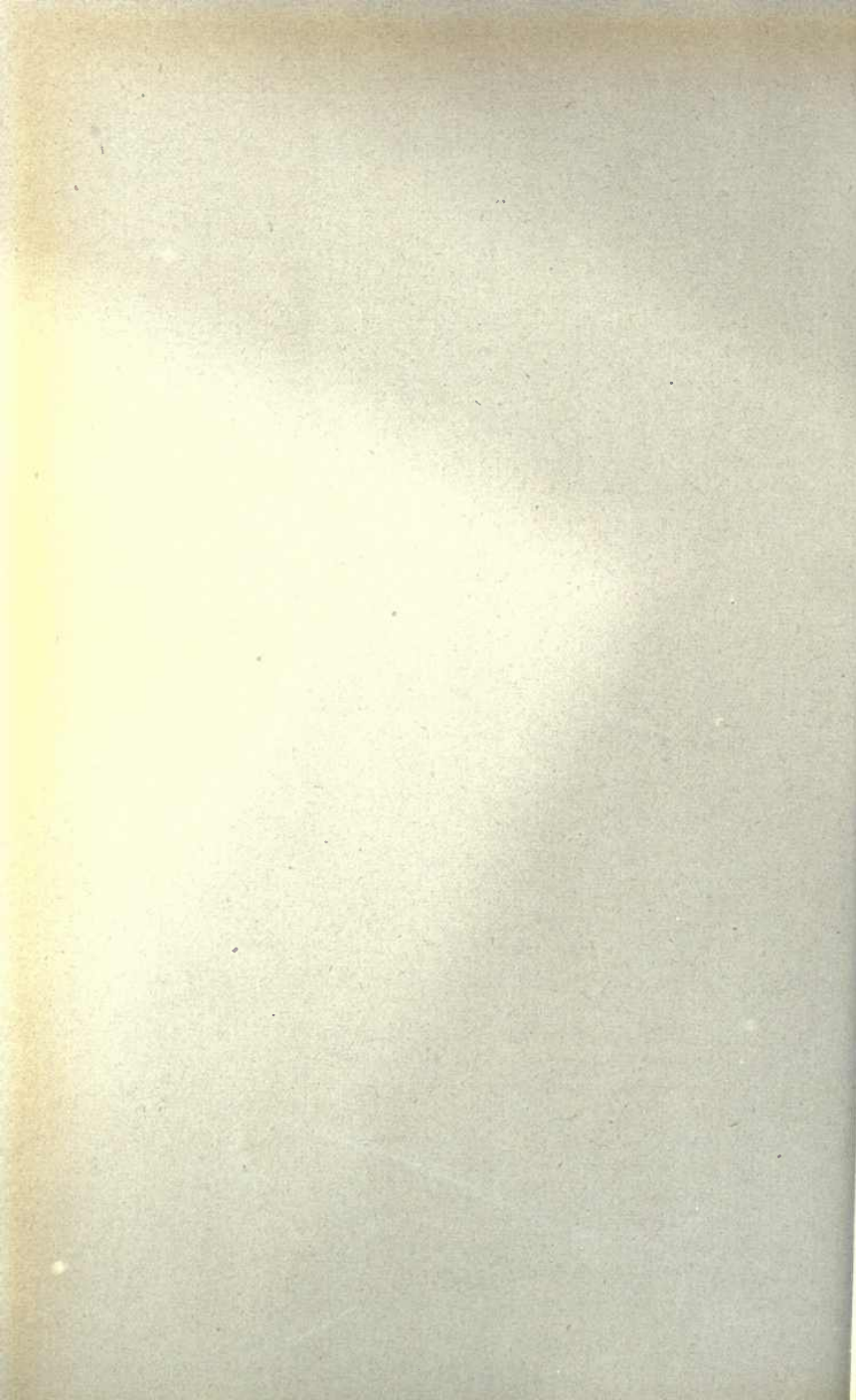


Fig. 178.

Schnitt durch eine Gaumenmandel des Hundes.

Bei  $\times$  sind ausgewanderte Leukozyten zu sehen. Ca. 15 mal vergrößert.





Bälge sind auch viel tiefer und gabeln sich mehrmals, indem sie verästelte Taschen bilden. In der Gegend der Gaumentonsillen liegen zahlreiche Schleimdrüsen.

Der Bau der Rachenmandel unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der Gaumenmandel. Die Furchen, 5—6 an der Zahl, sind im tieferen Teil oft mit Flimmerepithel ausgekleidet. Es münden in sie die Ausführungsgänge der vorwiegend gemischten Drüsen, welche unter der Pharynxtonsille in zusammenhängender Schicht lagern.

Unter der Lamina propria bilden vorzüglich längsverlaufende elastische Fasern eine mächtige Lage (elastische Grenzschrift), die sich in der Pars laryngea noch stärker entwickelt zeigt. Beim Übergange in den Ösophagus verschwindet allmählich die elastische Grenzschrift, indem sie in die Muscularis mucosae übergeht. Die elastische Grenzschrift legt sich größtenteils direkt der Innenseite der Schlundkopfmuskeln an und sendet in die intermuskulären Septen starke Züge elastischer Fasern ein, welche die angrenzenden Muskelbündel umspinnen (J. Schaffer).

Eine Submukosa ist also im größten Teil des Schlundkopfs nicht vorhanden und die Körper der Schleimdrüsen lagern sich zwischen die Muskelbündel. Nur in der Pars laryngea hebt sich die elastische Grenzschrift von der Muskelschicht ab, nur da kann also von einer Submukosa gesprochen werden, in welcher die Drüsen liegen.

Die Drüsen der Pars oralis und laryngea sind rein mukös und liegen unter der elastischen Grenzschrift, die Drüsen der Pars nasalis, gegen den Fornix hin, zeigen vielfach Halbmondbildungen und liegen über der elastischen Grenzschrift, d. h. in der Schleimhaut selbst, zum Unterschied von den übrigen Pharynxdrüsen und in Übereinstimmung mit den Drüsen der Nasenhöhle (Schaffer).

Die nach außen liegende Muskelhaut des Schlundkopfes (Mm. constrictores pharyngis) besteht aus quergestreiften Muskelfasern.

### 3. Die Speiseröhre.

Die Wand der Speiseröhre (Ösophagus) setzt sich aus einer Schleimhaut (Mukosa), dem Unterschleimhautgewebe (Submukosa), der Muskelhaut (Muskularis) und der Faserhaut (Tunica adventitia) zusammen (Fig. 179 u. 180).

Die Schleimhaut legt sich in Längsfalten; sie ist mit geschichtetem Plattenepithel ausgekleidet, welches Inseln von einfachem Zylinderepithel enthalten kann. Die Lamina propria bildet Papillen, über welche das Epithel mit glatter Oberfläche hinwegzieht. Von der Submukosa ist sie durch eine Schicht längsverlaufender, zu kleinen Bündeln angeordneter glatter Muskelzellen gesondert, welche erst in der unteren Hälfte der Speiseröhre eine geschlossene Lage bildet. Diese Schicht ist die Muscularis mucosae, die wir von

hier an nun in der ganzen Länge des Magendarmrohres vorfinden werden.

Die Speiseröhre besitzt zwei Arten von Drüsen. Die eine liegt in der Lamina propria, es sind dies die sog. kardialen Ösophagusdrüsen; die zweite Art treffen wir hingegen in der Submukosa, es sind Schleimdrüsen. Von den kardialen Ösophagusdrüsen, deren Kenntnis wir insbesondere J. Schaffer verdanken, unterscheiden wir obere, die bald in der Höhe des Ringknorpels, bald weiter hinab bis in die Höhe des 4.—5. Trachealrings gelegen sind — und untere, die im untersten Ende des Ösophagus, unmittelbar vor dessen Übergang in

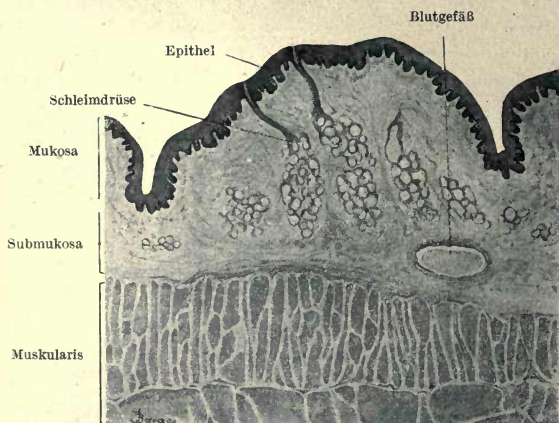


Fig. 179.

Stück eines Querschnittes der Speiseröhre des Hundes.

Ca. 25 mal vergrößert.

die Kardia des Magens, ihren Sitz haben. Tubulöse Drüsen sind es, welche in ihrem Bau ganz den Kardialdrüsen des Magens gleichen, nur daß sie sich etwas reichlicher als die letzteren verästeln (Fig. 180). Umfassenden Untersuchungen von Gliński zufolge lassen sich die oberen kardialen Ösophagusdrüsen mit freiem Auge nur in ca. 6% der untersuchten Fälle entdecken, mikroskopisch aber kann man sie bei ungefähr 50% aller Individuen nachweisen. Sie erscheinen in der Regel in Gestalt zweier symmetrischer Herde in den Seitenbuchten des oberen Teiles des Ösophagus, manchmal aber treten sie asymmetrisch nur in der rechten Seite auf. Diese Drüsen bilden teils ausgedehnte (2—3 qcm) Komplexe, teils liegen sie einzeln oder in kleinen Gruppen zerstreut. In der Regel sind sie in einem lockeren lymphadenoiden Gewebe gelegen. Die Mündungen ihrer Ausführungsgänge sind ge-



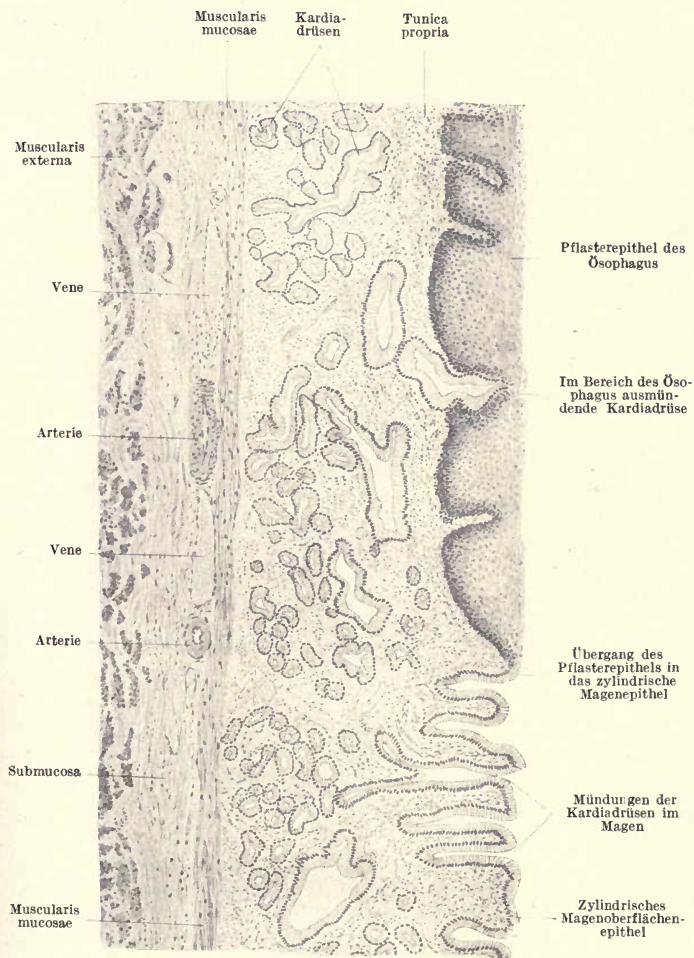


Fig. 180.

Längsschnitt durch die Speiseröhre-Magengrenze des Menschen.  
Mittelstark vergrößert.



wöhnlich abwärts gerichtet. In diesen Drüsen erscheinen, wie in den Labdrüsen des Magens, zwei Zellarten: Haupt- und Belegzellen, von denen letztere in manchen Fällen sehr reichlich vorhanden sein, in anderen wieder ganz fehlen können. Deshalb bezeichnet Gliński diese Drüsen als „Labdrüsen im oberen Teile der Speiseröhre“.

Die in der Submukosa gelegenen, beim Menschen spärlichen Schleimdrüsen kommen im Ösophagus in wechselnder Menge und hauptsächlich in seinem oberen und unteren Abschnitt vor. Es sind alveolär-tubulöse Drüsen ohne Halbmondbildungen. Die Ausführungsgänge sind oft stark gewunden und zeigen gewöhnlich vor ihrem Durchtritt durch die Muscularis mucosae ampullenartige Erweiterungen.

Die nach außen von der Submukosa liegende Muskularis setzt sich im oberen Viertel fast ausschließlich aus quergestreiften Fasern zusammen, doch kommen auch hier schon glatte Muskelzellen in der inneren Schicht zum Vorschein. Je weiter wir nach unten absteigen, um so mehr werden die ersteren durch die letzteren ersetzt, so daß wir im unteren Viertel fast lauter glatten Zellen begegnen.

Die glatte Muskulatur besteht aus zwei Schichten: einer inneren, vorwiegend zirkulär und schräg oder spiralig verlaufenden und einer äußeren, welche größtenteils längsverlaufende Bündel enthält. Oben ist die Längsfaserschicht überwiegend, im unteren Viertel dagegen wird die Längsfaserschicht von der inneren Ringfaserschicht um mehr als das Dreifache an Dicke übertroffen.

Die aus derbem, fibrillärem Bindegewebe bestehende Faserhaut (Tunica adventitia) verbindet die Wand des Ösophagus mit den angrenzenden Körperpartien.

Die Blut- und Lymphgefäße bilden Netze innerhalb der Submukosa und Muskularis. Von dem oberflächlichen Kapillarnetz der Blutgefäße begeben sich nach oben feine Schlingen, welche die Papillen versorgen. Die abführenden Lymphgefäße gelangen teils zu den Lymphoglandulae mediastinales posteriores, teils zu den Lymphoglandulae cervicales profundae.

Die Nerven der Speiseröhre bilden einen ausgedehnten Plexus markloser und markhaltiger Fasern, der sich zwischen Ring- und Längsmuskelschicht ausbreitet und mit zahlreichen sympathischen Zellen besetzt ist. Aus ihm treten einmal motorische Fasern zu den Muskelzellen und endigen hier in typischen Endplatten, andererseits gehen Fasern zur Submukosa, um hier einen zweiten, ebenfalls mit sympathischen Zellen ausgestatteten Plexus zu bilden, aus dem Fasern für die Drüsen, Gefäße und Muscularis mucosae hervorgehen. Zahlreiche Fasern treten endlich in die Papillen der Propria ein und endigen zwischen den Epithelzellen.



#### 4. Der Magen.

Zu den Schichten, die wir im Ösophagus unterschieden haben, also zur Mukosa, Submukosa und Muskularis gesellt sich hier auf der Außenfläche noch eine weitere Schicht, das Peritoneum (Fig. 181).

Die Magenschleimhaut hat im frischen Zustande eine grau-rötliche Farbe, wodurch sie sich deutlich von der weißen Speiseröhrenschleimhaut abhebt. Sie legt sich im leeren Magen in Längs-

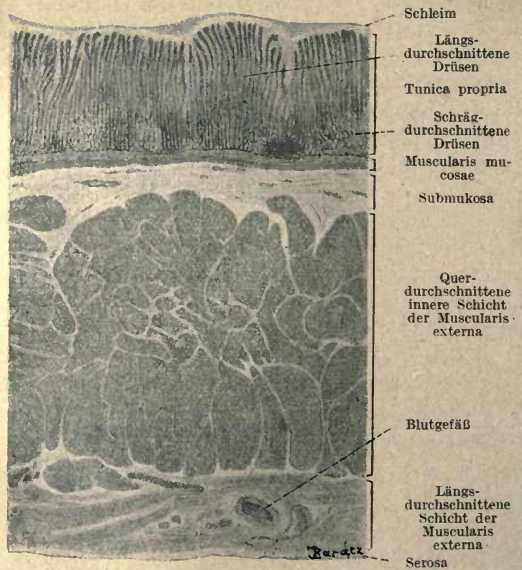


Fig. 181.

Durchschnitt durch die Magenwand des Menschen (Pylorusregion).

Ca. 14 mal vergrößert.

falten, welche wieder durch Schrägfalten verbunden werden, so daß ein lang ausgezogenes Maschenwerk zustande kommt. Andere kleinere Fältchen und kleine zottenförmige Erhebungen (*Plicae villosae*) findet man namentlich im Pylorusteil. Die gesamte Schleimhautoberfläche zeigt ferner, manchmal sehr deutlich, manchmal nur angedeutet, eine Felderung. Unregelmäßig polygonale Felder — *Areae gastricae* — von 1—4 mm grenzen sich durch seichte Furchen gegeneinander ab. Ist diese Erscheinung deutlich ausgeprägt so sprechen wir von einem *Status mamillaris* (*État mamelonné*); er soll das Resultat einer ungleichmäßigen Verteilung und Entwicklung der Magendrüsen sein.

Innerhalb der einzelnen Felder erscheinen schließlich zahlreiche, schon mit bloßem Auge sichtbare Vertiefungen, die Magengrübchen, *Foveolae gastricae*; sie sind im Pylorusteil tiefer und weiter als im Fundusteil; in ihren Grund münden die Magendrüsen. Die Magenschleimhaut ist am dünnsten in der Kardia (bis unter 0,5 mm), wird aber in der Richtung zum Pylorus hin immer dicker und erreicht hier eine Mächtigkeit von über 2 mm. Die Bestandteile der Magenschleimhaut sind dieselben wie in der Speiseröhre: das Epithel, die *Lamina propria* und die *Muscularis mucosae* (Fig. 180).

Das Epithel, welches die oberflächlichste Schicht der Magenschleimhaut bildet, ist ein einschichtiges Zylinderepithel. Seine Zellen werden 4—8 mal so hoch als breit und überziehen nicht nur die gesamte Schleimhautoberfläche, sondern senken sich auch in die Tiefe der Magengrübchen hinein, wo sie etwas niedriger werden. Der Übergang des geschichteten Plattenepithels der Speiseröhre in das Zylinderepithel der Kardia erfolgt ganz unvermittelt (Taf. XXIV, Fig. 180). Die Zellen der Magenoberfläche sind Schleimzellen und gegen äußere Einflüsse sehr empfindlich. Es lassen sich an ihrem Körper zwei Abschnitte unterscheiden: ein basaler, körniger, protoplasmatischer, welcher einen ovalen Kern aufweist und ein oberer, mehr homogener, verschleimter Abschnitt, welcher in seiner Längsachse zwei kleine, in wechselnder Höhe liegende Zentralkörperchen enthält. Das Verhältnis der beiden Abschnitte zueinander ist von funktionellen Zuständen abhängig und, da der Kern ungefähr auf der Grenze beider gelegen ist, findet man ihn bald mehr an der Basis, bald mehr in der Zellmitte.

Die Epithelzellen des Magens sind Schleimzellen eines besonderen Typus; die Unterschiede zwischen dem Arbeits- und dem Ruhestande treten nämlich bei ihnen, da sie ohne Unterlaß sezernieren, nicht prägnant hervor. Ihr schleimiges Sekret wird noch innerhalb der Zelle verflüssigt und durch die freie Fläche allmählich entfernt, ohne daß es jemals zu einer totalen Entleerung wie bei den Becherzellen kommt. Das entleerte Sekret wird sofort wieder von der Basis neu ersetzt. An der freien Fläche haben die Zellen keinen Kutikularsaum und zeigen zwischen den oberflächlichen Enden deutliche Schlußleisten. Nur ausnahmsweise tragen diese Zellen in der Kardia und in der Pylorusregion eine Kutikula wie das Darmepithel.

Unter dem Epithel liegt die *Lamina propria*, welche in ihrer Zusammensetzung einer Kombination von feinem leimgebenden, fibrillären Bindegewebe und einem, mehr oder weniger zahlreiche Lymphozyten enthaltenden, retikulären Gewebe entspricht. Es kommt nur selten im Magen zu größeren Anhäufungen von Lymphozyten in Form von Follikeln, Solitärknötchen. Nach Faber sollen dieselben beim Erwachsenen immer pathologische Vorkommnisse darstellen. Die



Lamina propria wird gegen die Submukosa abgegrenzt durch die Muscularis mucosae, welche aus zwei oder drei sich kreuzenden und zu der Oberfläche parallel laufenden Schichten glatter Muskelzellen besteht. In der Lamina propria haben ihren Sitz die Magendrüsen, welche in ihr ein kontinuierliches Drüsenlager bilden. Sämtliche Zwischenräume zwischen diesen Drüsen werden von der Propria ausgefüllt. Von der Muscularis mucosae zweigen sich einzelne Züge von Muskelzellen ab, die zwischen die Drüsen eindringen und gewöhnlich bis unter das Epithel der Magenoberfläche gelangen.

Wir kennen drei Arten von Magendrüsen, welche sich voneinander nicht nur durch ihre Lagerung, sondern auch durch ihren Bau unterscheiden: die Kardiadrüsen, die Fundusdrüsen und die Pylorusdrüsen.

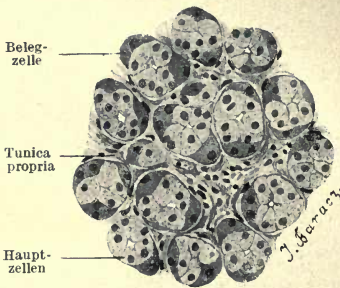


Fig. 183.

Quergeschnittene Drüsen aus dem Fundus der Maus.

Ca. 300mal vergrößert.

Die größte Verbreitung besitzen die Fundusdrüsen (*Glandulae gastricae propriae*), die auch als Labdrüsen oder Pepsindrüsen bezeichnet werden (Fig. 182, 183, 184 und 185). Man trifft sie im ganzen Körper und im Fundus des Magens. Es sind verästelte tubulöse Drüsen von 0,3 bis 1,5 mm Länge, wovon ein Viertel bis etwa ein Drittel auf die Magengrübchen entfällt, die man als Drüsenausführungsgänge betrachten kann. Siemünden immer

zu mehreren in der Tiefe eines Magengrübchens. Die Drüse setzt mit einem etwas verschmälerten Halsteil an das Magengrübchen an und kann sich in mehrere Äste teilen, die dicht nebeneinander in gestrecktem oder etwas geschlängeltem Verlauf die ganze Dicke der Lamina propria durchsetzen und bis zur Muscularis mucosae reichen, wo sie mit einem meist verdickten Grund endigen. Das Drüsenlumen ist im ganzen sehr eng, im Grunde nur unerheblich erweitert. Umgeben ist die Drüse von einer strukturlosen Membrana propria, welcher sternförmige Zellen aufliegen. Das Epithel der Fundusdrüsen baut sich aus zwei Zellarten auf: den Hauptzellen (R. Heidenhain) oder adelomorphen Zellen (Rollett) und den Belegzellen (R. Heidenhain) oder delomorphen Zellen (Rollett) (Fig. 182, 183).

Die Hauptzellen machen die Hauptmasse der Drüenschläuche aus und begrenzen deren Lumen. Von kegelförmiger oder kubischer Gestalt sind sie in ihrer Größe vom Funktionszustand abhängig, nämlich im Hunger größer als während der Verdauung. Sie ent-



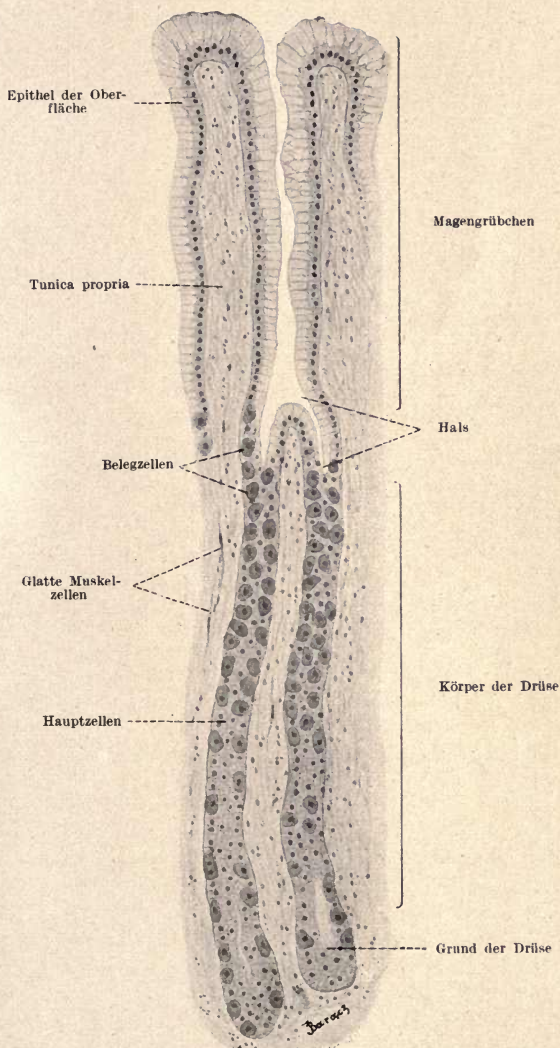
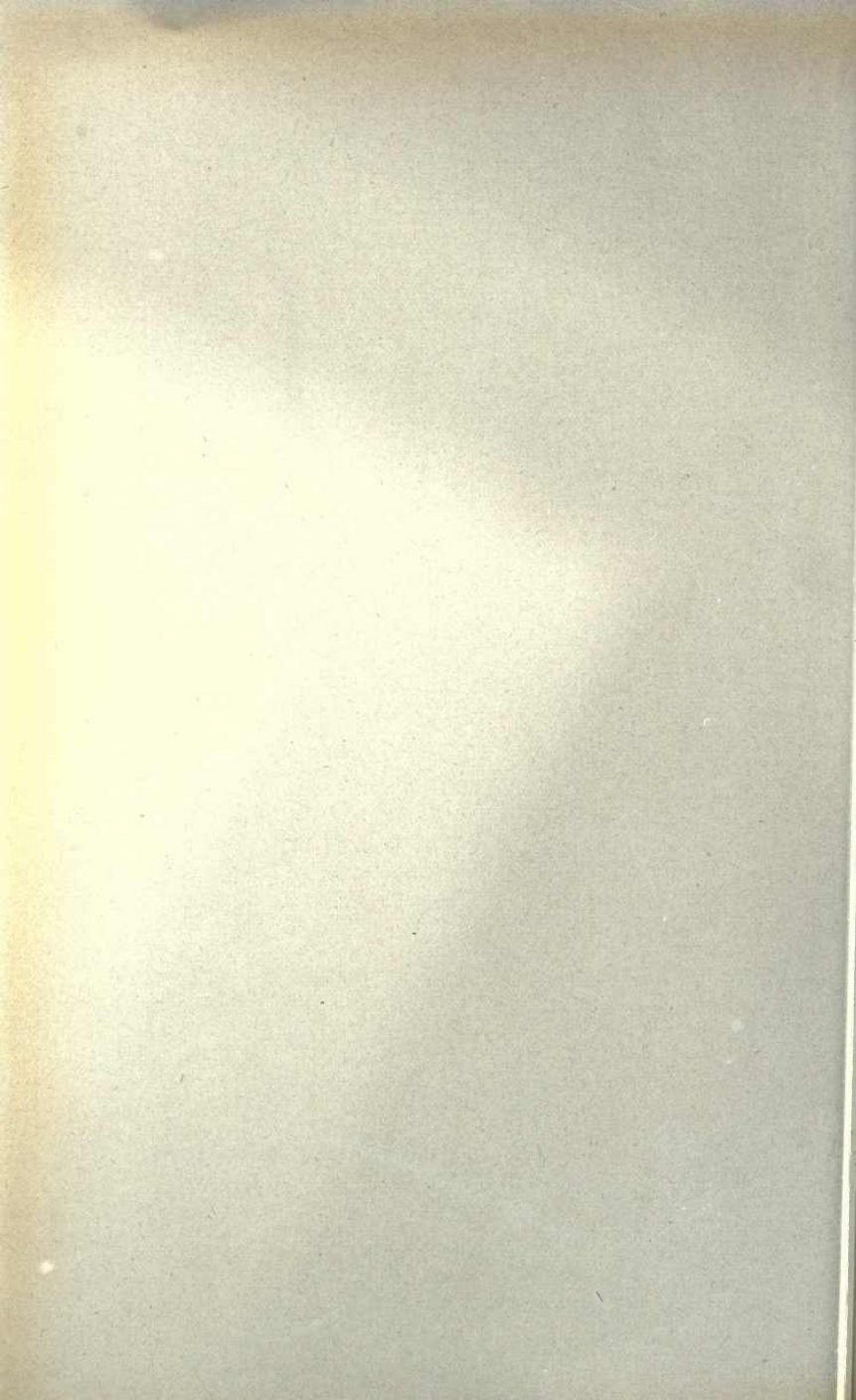


Fig. 182.

Aus einem senkrechten Schnitt durch die Magenschleimhaut der Fundusgegend des Menschen.

Ca. 250 mal vergrößert.



halten mehr oder minder zahlreiche, feine, stark lichtbrechende Körnchen, die aus einer Vorstufe des als Pepsin bekannten Fermentes bestehen (Pepsinogengranula — R. Heidenhain, Langley) und nehmen die Innenzone der Zellen ein, die auf Kosten der dunkleren und homogenen, den Kern führenden Außenzone zunehmen kann. In dieser letzteren kommt es zur Differenzierung von ergastoplasmatischen Basalfilamenten (Bensley, Zimmermann, Théohari), welche in Verbindung mit der Bildung der Pepsinogengranula stehen. Die letzteren sind sehr empfindliche Gebilde und werden durch die meisten Reagenzien zerstört, so daß in den fixierten Präparaten die Hauptzellen gewöhnlich heller als im frischen Zustand und durchsichtiger als die Belegzellen erscheinen. Neben dem Pepsin soll von den Hauptzellen noch Labenzym abgesondert werden.

Die Belegzellen sind nicht so zahlreich wie die vorigen und liegen größtenteils vom Drüsenlumen entfernt an der Peripherie der Drüsenwand. Sie sind unregelmäßig innerhalb des Drüsen Schlauchs verteilt; am dichtesten finden sie sich im Drüsenhals, wo sie stellenweise die Hauptzellen an Zahl übertreffen können. Im Drüsenkörper sind sie weniger zahlreich und im Drüsengrunde erscheinen sie nur in spärlicher Zahl oder fehlen hier sogar ganz. Während sie sich im Drüsenhals zwischen die Hauptzellen eindrängen und oft mit den letzteren an der Begrenzung des Drüsenlumens teilnehmen, sind sie im Körper und im Grunde durch die Hauptzellen gleichsam aus der Zellreihe gegen die Peripherie hin verdrängt und erreichen das Drüsenlumen nicht mehr. Dabei wölben sie die Membrana propria nach außen vor (Fig. 183). Die Belegzellen sind größer als die Hauptzellen, von kugelig, ovoider oder polyedrischer Gestalt und enthalten einen oder zwei kugelige Kerne. Im Hungerzustand sind sie kleiner als nach Fütterung. Frisch untersucht zeigen sie eine feine Granulierung und erscheinen heller als die Hauptzellen. Im fixierten Präparat dagegen sehen sie meist dunkler als letztere aus und zeichnen



Fig. 184.

Fig. 184. Längsschnitt einer Fundusdrüse der Maus.

Golgi-Imprägnation. Ca. 125 mal vergrößert.



Fig. 185.

Fig. 185. Aus einer Fundusdrüse der Maus.

In das Drüsenlumen münden Korbkapillaren, welche drei Belegzellen umfassen. Ca. 600 mal vergrößert.



sich durch ihre starke Affinität für saure und neutrale Farbstoffe aus (z. B. für Eosin, Kongorot, neutrales Karmin). Auch jene Belegzellen, die nicht direkt an das Drüsenlumen grenzen, stehen mit demselben dennoch mittels eines Sekretganges, der zwischen den Hauptzellen sich hindurchzwängt, in Verbindung. Dieser zerfällt, an der Belegzelle angekommen, in feine Sekretkanälchen, welche die Zelle korbartig umflechten, aber auch das Innere der Zelle durchsetzen, mithin nicht nur perizellulär, sondern auch intrazellulär verlaufen. Die Sekretkanälchen der der Lichtung unmittelbar anliegenden Zellen münden direkt in das zentrale Drüsenlumen (Fig. 184 und 185). Die Golgische Chromsilbermethode läßt diese Sekretkapillaren sehr deutlich hervortreten. Während der Verdauung werden sie breiter, weil sie mit Sekret ausgefüllt sind. Dann sind auch die intrazellulären Röhrchen besser zu erkennen. Den Belegzellen wird die Erzeugung der Salzsäure des Magensaftes zugeschrieben, welche Anschauung darin eine Stütze findet, daß das Pylorussekret immer alkalisch reagiert.

Den zweiten Platz in bezug auf die Verbreitung nehmen die sogenannten Pylorusdrüsen (*Glandulae pyloricae*) ein (Fig. 186), welche ausschließlich im Pylorus und seiner nächsten Umgebung vorkommen. Es sind einfache oder auch verzweigte alveolär-tubulöse Drüsen, deren Endabschnitt eine sackförmige Ausbuchtung aufweist. Außerdem unterscheiden sie sich von den vorigen dadurch, daß sie häufiger Teilungen unterliegen, einen mehr gewundenen Verlauf zeigen, und daß die Magengrübchen, in die sie münden, etwas tiefer sind als im Fundus. Sie nehmen beinahe die Hälfte der ganzen Schleimhautdicke für sich in Anspruch und sind auch durch das Bindegewebe der Propria weiter voneinander geschieden als die Fundusdrüsen. Was aber diese Drüsen am meisten charakterisiert, ist der Umstand, daß sie in der Regel bloß eine Art von Zellen enthalten. Die Granulierung, die diese Zellen zeigen, ist feiner als die der Hauptzellen. Nach der Meinung einiger Forscher sind die Zellen der in Rede stehenden Drüsen spezielle, den Pylorusdrüsen eigene Zellen (Oppel), andere dagegen identifizieren sie wegen ihrer großen Ähnlichkeit mit den Hauptzellen der Fundusdrüsen direkt mit jenen (Heidenhain, Langley), wieder andere endlich (Henle, Oppel, Schiefferdecker, Bentkowski) fassen die Pylorusdrüsen als ein Analogon der Brunnerschen Drüsen des Duodenums auf. Es soll aber nicht verschwiegen werden, daß in den Pylorusdrüsen auch Belegzellen, wenn auch selten, angetroffen werden (Schaffer, Oppel). Den Pylorusdrüsen wird, wie den Hauptzellen der Fundusdrüsen, die Absonderung des Pepsins und des Labenzymzuges zugeschrieben.

Als dritte Form der Magendrüsen gelangen jetzt die Kardialdrüsen zur Besprechung (Taf. XXIV, Fig. 180). Diese Drüsen, denen

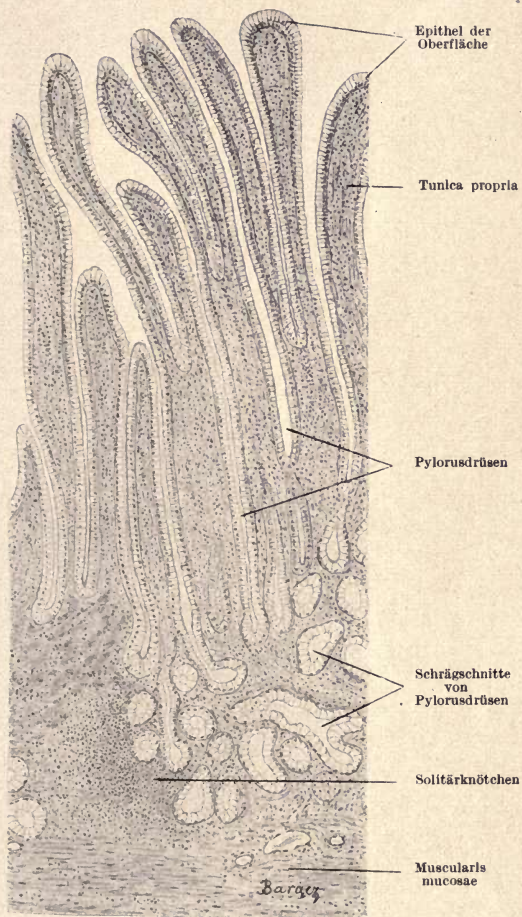


Fig. 186.

Aus einem senkrechten Schnitt durch die Magenschleimhaut der Pylorusgegend des Menschen.

Ca. 100 mal vergrößert.